

HEFT 69 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25 SFR 3.50 DM 3

WIE GEHT DAS

Technik und Erfindungen von A bis Z
mit Tausenden von Fotografien und Zeichnungen



scan:[GDL]

WIE GEHT DAS

Inhalt

Ziehen von Metallen	1905
Ziehharmonika und Konzertina	1908
Zielfotografie	1909
Zigarettenherstellung	1911
Zink	1914
Zinn	1917
Zuckerraffination	1920
Zündanlage für Kraftfahrzeuge	1924
Zündholzherstellung	1928
Zündkerze	1931

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDEN WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

WIE GEHT DAS ist eine wöchentlich erscheinende Zeitschrift. Die Gesamtzahl der 70 Hefte ergibt ein vollständiges Lexikon und Nachschlagewerk der technischen Erfindungen. Damit Sie auch wirklich jede Woche Ihr Heft bei Ihrem Zeitschriftenhändler erhalten, bitten Sie ihn doch, für Sie immer ein Heft zurückzulegen. Das verpflichtet Sie natürlich nicht zur Abnahme.

ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

Deutschland: Das einzelne Heft kostet auch beim Verlag nur DM 3. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280 380, 2000 Hamburg 28. Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort HEFTE.

Österreich: Das einzelne Heft kostet öS 25. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto: Wien 2363. 130. Oder legen Sie bitte der Bestellung einen Verrechnungsscheck bei Kennwort: HEFTE.

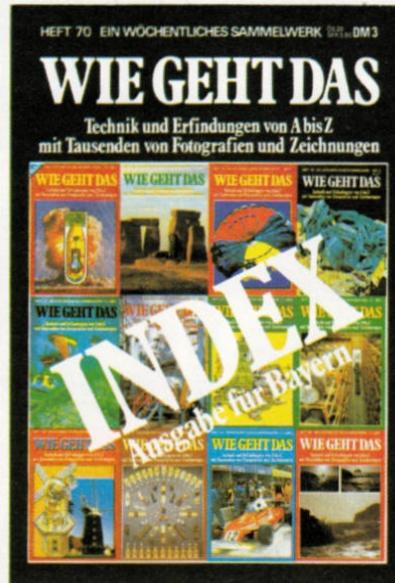
Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3,50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

Wichtig: Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Hefte schnell und sicher erhalten.

INHALTSVERZEICHNIS

Damit Sie in WIE GEHT DAS mit einem Griff das gesuchte Stichwort finden, werden Sie mit der letzten Ausgabe ein Gesamtinhaltsverzeichnis erhalten. Darin einbezogen sind die Kreuzverweise auf die Artikel, die mit dem gesuchten Stichwort in Verbindung stehen. Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren. Außerdem können Sie alle 'Erfindungen' dort hineinlegen.

In Heft 70 von Wie Geht Das



Heft 70 von Wie Geht Das, die letzte Ausgabe, ist das Inhaltsverzeichnis der gesamten Serie. Ein bestimmtes Thema ist jeweils unter der fettgedruckten Seitenzahl zu finden. Kursivdruck bezieht sich auf Abbildungen oder graphische Darstellungen. Zahlen in Normalschrift weisen auf ein Thema in anderen Artikeln hin.

SAMMELORDNER

Sie sollten die wöchentlichen Ausgaben von WIE GEHT DAS in stabile, attraktive Sammelordner einheften. Jeder Sammelordner faßt 14 Hefte, so daß Sie zum Schluß über ein gesammeltes Lexikon in fünf Ordnern verfügen, das Ihnen dauerhaft Freude bereitet und Wissen vermittelt.

SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

1. Sie können die Sammelordner direkt bei Ihrem Zeitschriftenhändler kaufen (DM 11 pro Exemplar in Deutschland, öS 80 in Österreich und sfr 15 in der Schweiz). Falls nicht vorrätig, bestellen Sie den Händler gern für Sie die Sammelordner.

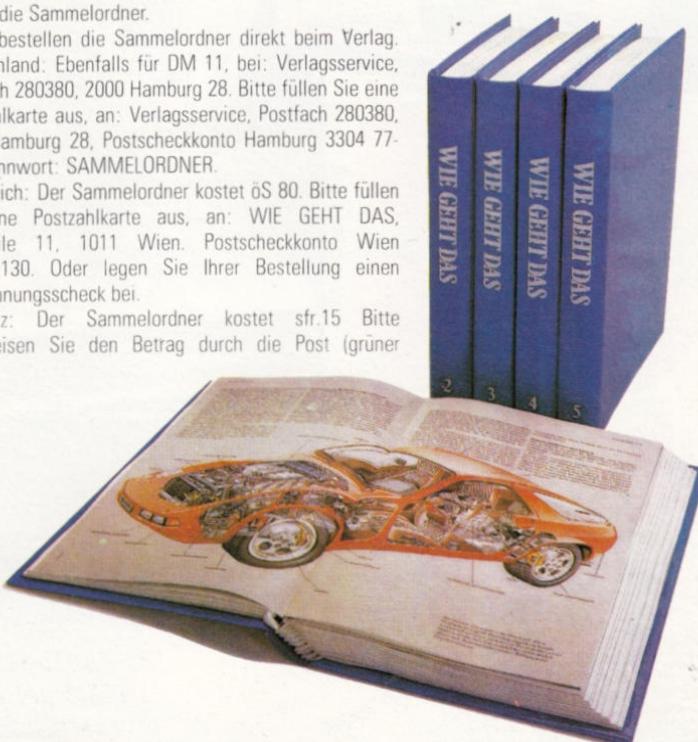
2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort: SAMMELORDNER.

Österreich: Der Sammelordner kostet öS 80. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto Wien 2363. 130. Oder legen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei.

Schweiz: Der Sammelordner kostet sfr 15. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

Wichtig: Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Sammelordner schnell und sicher bekommen. Überweisen Sie durch Ihre Bank, so muß die Überweisungskopie Ihre vollständige Anschrift gut lesbar enthalten.



ZIEHEN VON METALLEN

Das Umformen von Metallen durch Ziehen ist schon seit Jahrhunderten bekannt. Die Massenproduktion von dünnem Draht jedoch wurde erst mit der Erfindung der Dampfmaschine möglich, da vorher der Erfolg des ganzen Verfahrens von der Körperkraft des Mannes abhing, der den Werkstoff durch das Ziehwerkzeug zog.

Die unter der Bezeichnung 'Ziehen' zusammengefaßten Umformungsvorgänge lassen sich in zwei Hauptgruppen unterteilen: Drahtziehverfahren und Tiefziehverfahren. Zu den durch Tiefziehen hergestellten Produkten gehören ebenso Patronenhülsen wie flache Konservendosen zur Aufnahme von Nahrungsmitteln wie z.B. Sardinen als auch die bekannten Büchsen für Erfrischungsgetränke.

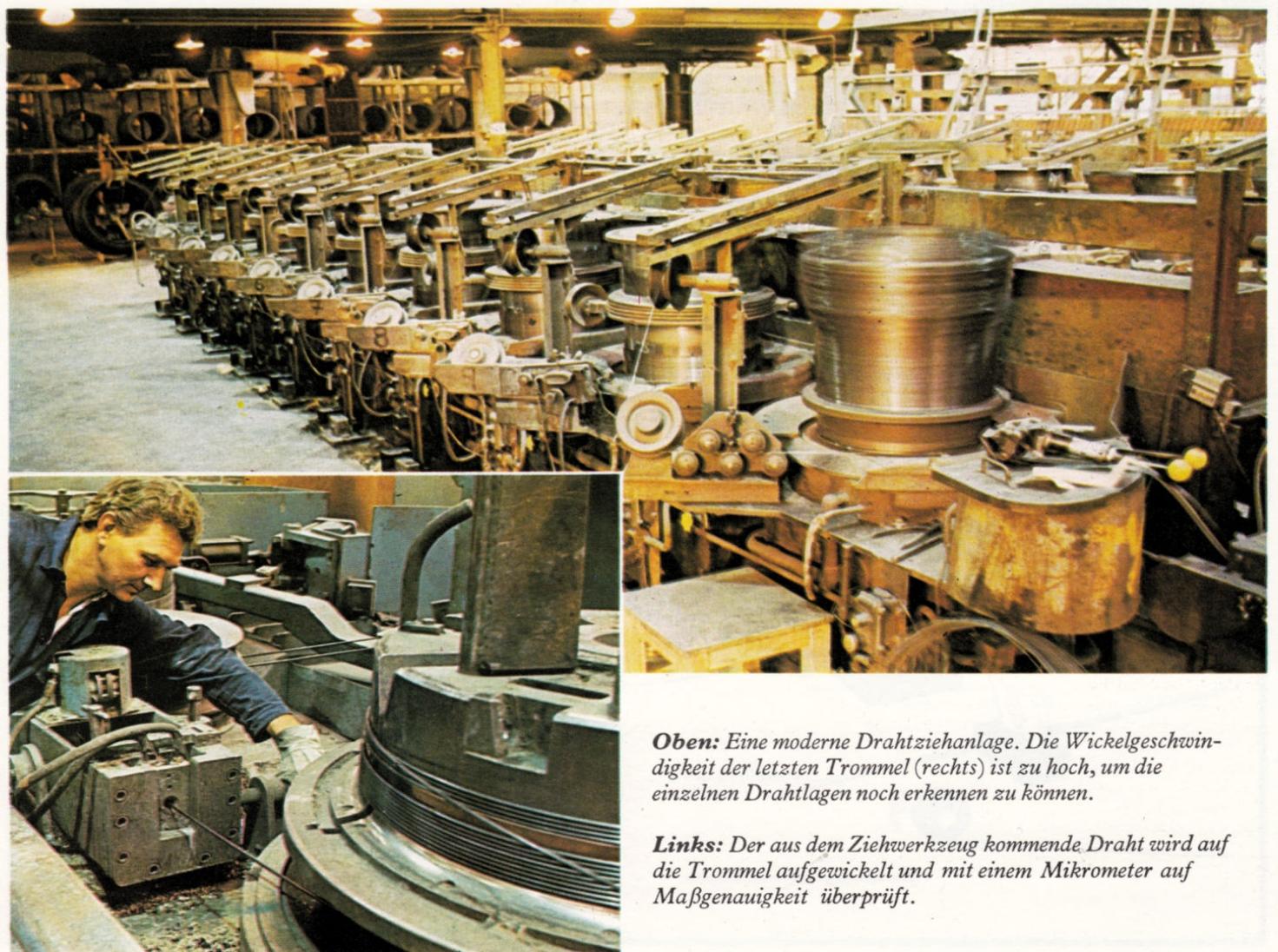
Draht-, Stangen- und Rohrziehen

Diese Verfahren beruhen darauf, daß das Ausgangsmaterial (z.B. Rohdrähte) durch Löcher in einem Ziehwerkzeug ('Zieheisen', 'Ziehstein') gezogen wird, deren Durchmesser kleiner als der des eintretenden Materials ist, so daß der Querschnitt des Werkstoffes bei gleichzeitiger Längung verringert wird. Derartige Methoden der Querschnittsverminderung sind bereits seit vorchristlichen Zeiten bekannt. Heute lassen sich mit Hilfe moderner Techniken nahezu alle Metalle und Legierungen auf diese Weise zu Draht verarbeiten.

Als Ausgangsstoff bei einem derartigen Umformungsvorgang dient normalerweise warmgewalzter Stabstahl oder Walzdraht. Dieser Rohdraht muß zunächst mit bestimmten

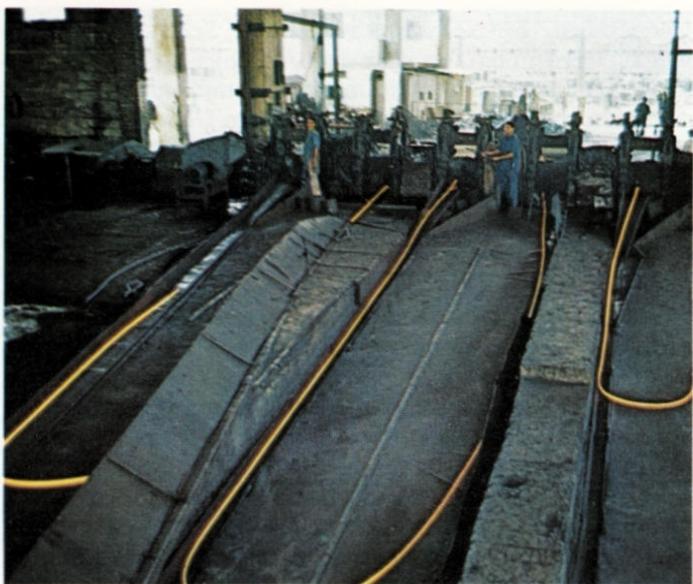
Chemikalien, beispielsweise verdünnter Schwefelsäure, behandelt werden, um den nach dem Abkühlen auf seiner Oberfläche gebildeten Glühspan und andere unerwünschte Rückstände zu entfernen. Um einen geeigneten Untergrund für die nachfolgende Schmierung zu schaffen, kann Stahldraht mit Zinkphosphat überzogen werden. Bei harten Metallen erleichtert ein Überzug aus weichem Metall den Ziehvorgang. Zur stufenweisen Verminderung seines Querschnitts wird das Ziehgut dann durch mehrere Ziehwerkzeuge geführt. Dabei handelt es sich gewöhnlich um sogenannte Ziehsteine oder Ziehsteine; das sind Platten, die verschiedene große Bohrungen bzw. Ziehlöcher aufweisen, durch die der Draht nacheinander bis auf den gewünschten Enddurchmesser gezogen wird. Je größer die Querschnittsverminderung pro Durchzug ist, desto höher sind die dabei erforderlichen Ziehkräfte. Die maximale Querschnittsreduzierung pro Durchzug wird deshalb von der Festigkeit des austretenden Drahtes begrenzt, der Höchstwert von 30% wird selten überschritten. Zur Herstellung von Dünndraht muß der Rohdraht deshalb mehrere Ziehstufen durchlaufen, d.h. nacheinander durch mehrere Ziehwerkzeuge geführt werden. Um ein kontinuierliches Arbeiten zu ermöglichen, werden einzelne Walzdrahtlängen vor dem eigentlichen Ziehen zusammengeschweißt.

Die ersten Ziehwerkzeuge waren aus Werkzeugstahl gefertigt. Heute verwendet man Ziehsteine oder Ziehsteine aus Hartmetall (gesintertem Wolframcarbid) oder Diamant, letztere besonders für feinere Drähte, deren Enddurchmesser 1 mm oder weniger betragen soll. Auch die Gestaltung des Ziehwerkzeuges ist von erheblicher Bedeutung: In seiner gängigsten Form hat das Ziehloch im Ziehstein eine konische



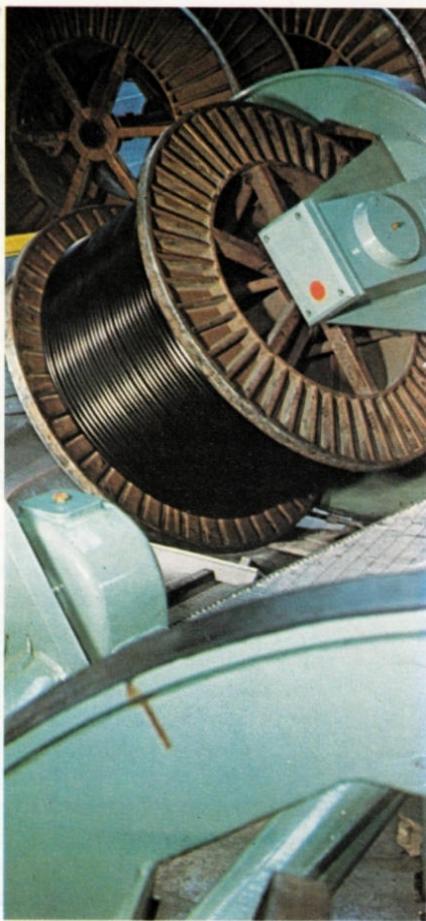
Oben: Eine moderne Drahtziehanlage. Die Wickelgeschwindigkeit der letzten Trommel (rechts) ist zu hoch, um die einzelnen Drahtlagen noch erkennen zu können.

Links: Der aus dem Ziehwerkzeug kommende Draht wird auf die Trommel aufgewickelt und mit einem Mikrometer auf Maßgenauigkeit überprüft.



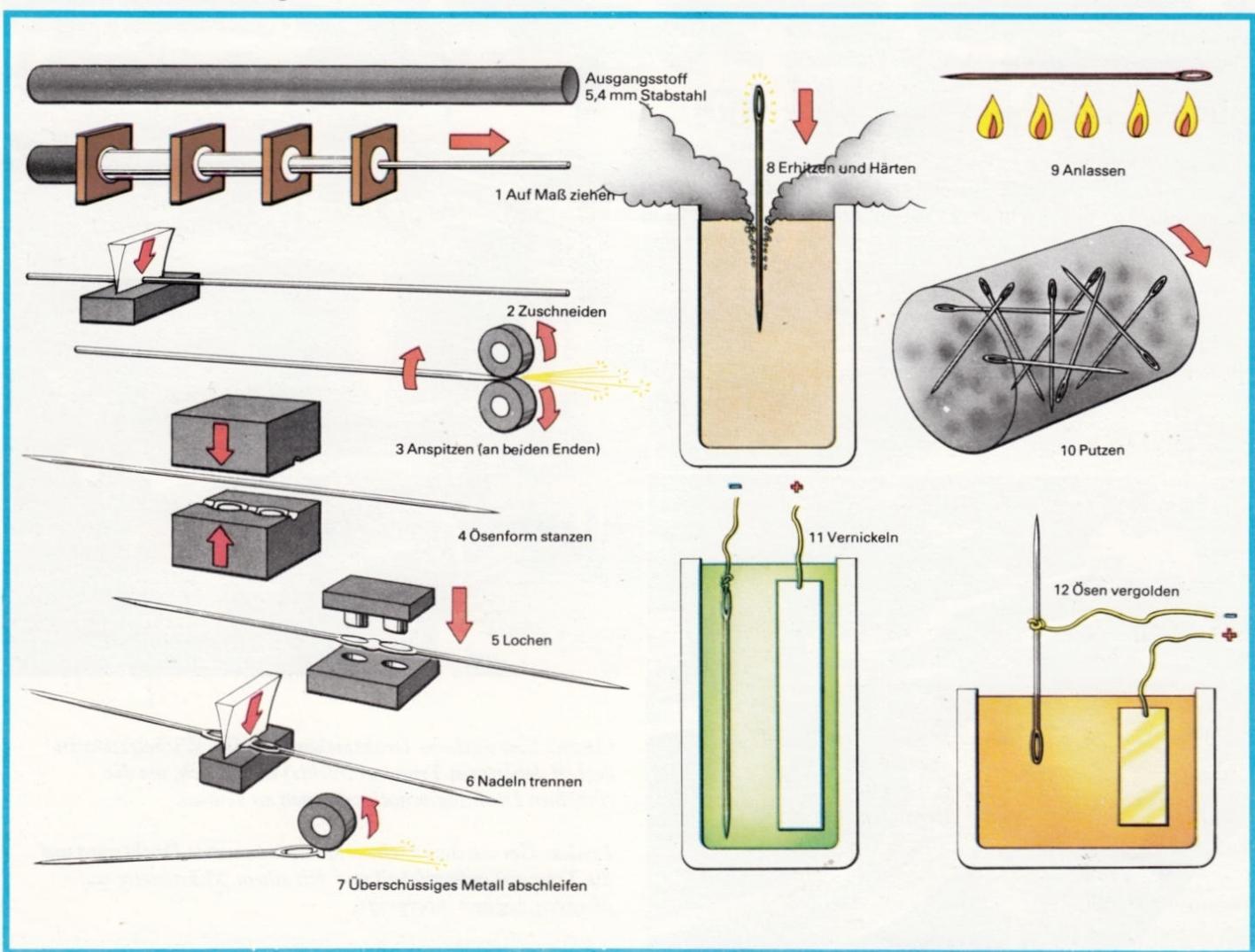
Links: Warmziehen in einer Drahtzieherei in Pakistan.

COLORIFIC/P BOUCAS

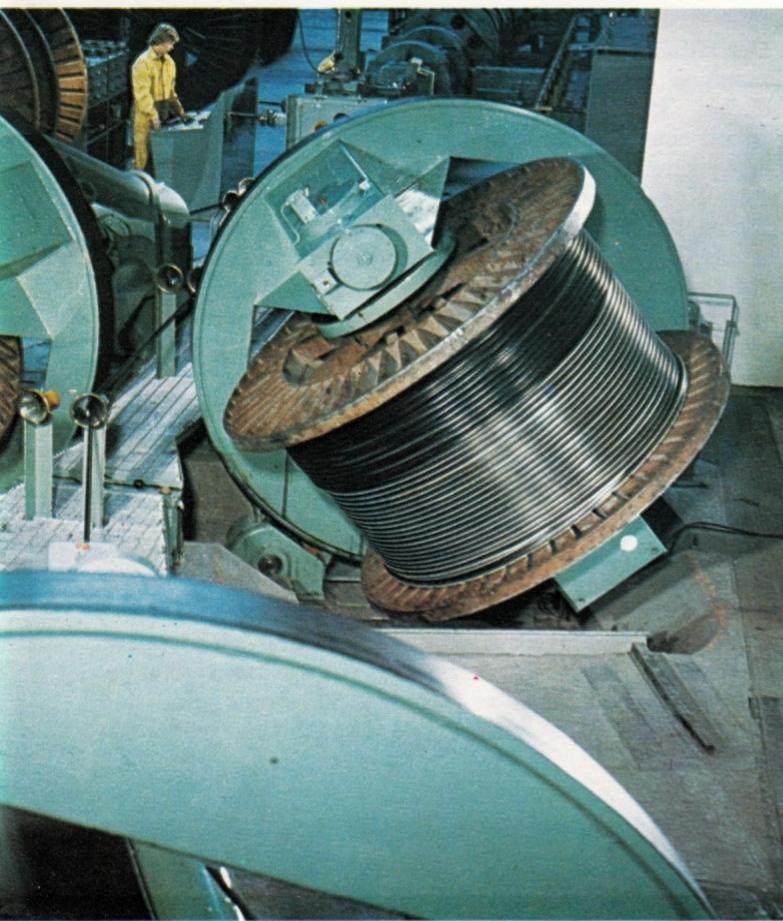


Rechts: Eine Maschine zur Kabelherstellung in einer schwedischen Fabrik. Längen von isoliertem Elektro-Draht befinden sich auf den beiden Trommeln, die ihrerseits auf dem großen Rad im Vordergrund montiert sind. Während sich das Rad dreht, wird der Draht heruntergezogen, gedreht und zu Kabeln geformt, die (im Hintergrund des Bildes) dann fertiggestellt werden.

Unten: Nadeln zählen zu den bekanntesten Drahterzeugnissen. Ihre Herstellung wird hier stark vereinfacht dargestellt — vom Rohdraht bis hin zum angespitzten, geglätteten, vernickelten Endprodukt, der Nadel mit vergoldeter Öse. Die schematische Darstellung muß schon deshalb so stark vereinfachen, weil Nadeln in der Praxis in großer Zahl gleichzeitig bearbeitet werden. Berücksichtigt man die Zahl der erforderlichen Arbeitsgänge und die Präzision des Endprodukts, so ist der Preis einer Nadel erstaunlich niedrig.



OSBORNE/MARKS



ASEA

Röhrchen kann einen Außendurchmesser von 13 µm und einen Innendurchmesser von nicht mehr als 3,3 µm haben.

Tiefziehen

Tiefziehen ist das wohl wichtigste Umformverfahren für Bleche und überall dort von Nutzen, wo aus einem ebenen Blech (Blechtafel) ein gefäßartiger Hohlkörper mit kleinerem Querschnitt und etwa gleichbleibender Wandstärke hergestellt werden soll. (Der Begriff 'Tiefziehen' sollte nicht auf die Fertigung von Karosserieteilen, Radiatoren u.ä. angewendet werden, da man in diesen Fällen besser von 'Preßerzeugnissen' spricht.) Zur Umformung wird die Blechtafel, auch 'Zuschnitt' genannt, von einem Ziehstempel in eine Ziehmatrize hineingezogen bzw. -gedrückt. Um eine Faltenbildung im Umformungsbereich zu vermeiden, wird das zu ziehende Blech durch einen sogenannten Niederhalter (Blechhalter) festgehalten. Der gesamte Vorgang stellt hohe Anforderungen an das umzuformende Material, weshalb die Eignung der verschiedenen metallischen Werkstoffe für dieses Bearbeitungsverfahren sehr unterschiedlich ist. Zum Tiefziehen vorgesehenes Blech muß zunächst speziell bearbeitet werden, um seine Tiefziehfähigkeit zu verbessern. Dennoch sind der Umformbarkeit von Werkstücken durch Tiefziehen bei jedem Werkstoff Grenzen gesetzt. Der Erfolg oder Mißerfolg eines solchen Verfahrens hängt viel vom Können und der Erfahrung der mit der Konstruktion der Werkzeuge und der Ausarbeitung der Arbeitsmethoden betrauten Fachleute ab. Tiefziehfähige Werkstoffe zeichnen sich gewöhnlich durch Weichheit und gute Verformbarkeit sowie einen nur geringen Anteil an Legierungszusätzen aus.

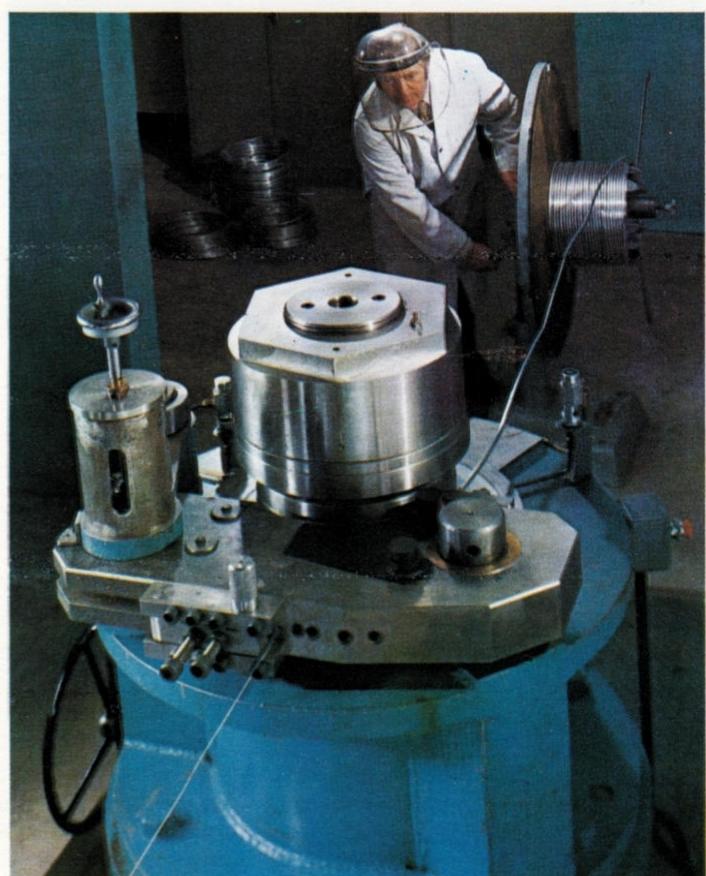
Eintrittsöffnung, eine zylindrische Führung, die für Maßgenauigkeit sorgt, und eine ebenfalls, wenn auch schwächere, konische Austrittsöffnung. Diese Ziehlöcher müssen so beschaffen sein, daß die durch Reibung und Werkstoffverformung bedingten Ziehkräfte möglichst klein werden.

Um die Reibung zu verringern und damit zu verhindern, daß der Draht im Ziehloch steckenbleibt, müssen Werkzeug und Draht stets gut geschmiert werden. Dickeres Ziehgut kann unter Verwendung von Seifenpulver trocken gezogen werden, feinere Drähte werden jedoch gewöhnlich naß gezogen. Als Schmiermittel dienen im letzten Falle wasserlösliches Öl oder Seifenlösungen. Bei den Mehrfach-Ziehmaschinen, wie sie zur Herstellung von besonders feinem Draht verwendet werden, können die Verschleißteile auch in einem Schmiermittelbad arbeiten.

Muß der Draht zwecks Erzielung einer größeren Querschnittsabnahme mehrere Ziehstufen durchlaufen, wird er leicht hart und damit schwerer verformbar. In diesem Falle kann ein Zwischenglühen erforderlich werden, um die Bildsamkeit des Drahtes wiederherzustellen.

Neben Drähten können durch Ziehen auch Profile, geschweißte und nahtlose Rohre gefertigt werden. Beim sogenannten 'kalten Rohrziehen' wird das Rohr hohl gezogen, wodurch sich die Wandstärke geringfügig erhöht. Beim 'Dornziehen' wird ein Rohrabschnitt auf einer Ziehbank zu einem langen Rohr mit geringerem Durchmesser und geringerer Wandstärke gezogen. Im Rohr selbst sitzt die Stopfenstange mit dem Stopfen, der die Wandstärke und damit den Innendurchmesser des Rohres bestimmt. Im Gegensatz zu einem Dorn, der ebenfalls zur Regulierung der Wandstärke dient und zusammen mit dem Rohr das Ziehwerkzeug passiert, verbleibt der Stopfen ortsfest im Ziehwerkzeug. Mit diesem Verfahren lassen sich äußerst feine Röhrchen für medizinische und andere Zwecke herstellen, z.B. zum Impfen von Fliegen zwecks Erforschung tropischer Krankheiten oder auch zur Befruchtung von Bienenköniginnen. Ein solches

Unten: Diese neue Drahtziehmaschine wurde von der britischen Atomenergiebehörde entwickelt und ist inzwischen auf dem Markt. Auf ihr läßt sich Rohdraht unterschiedlicher Form zu einem Draht ziehen, dessen Querschnitt nur noch 1/50 des ursprünglichen Querschnittes beträgt.



ZIEHHARMONIKA UND KONZERTINA

Moderne Ziehharmeniken können äußerst kompliziert gebaut sein, besitzen doch einige mehr als 300 Stimmzungen und eine große Anzahl von Tasten und Knöpfen zur Bewegung dieser Stimmzungen, um eine weitgespannte Folge von Tönen und Klängen zu erzeugen.

Akkordeon und Konzertina sind in vieler Hinsicht gleichartige Instrumente und ebenfalls eng mit der MUNDHARMONIKA und dem HARMONIUM verwandt. Bei allen Instrumenten dieser Art werden die Töne von Metallplättchen (Stimmzungen) erzeugt, die durch Luftströmungen zum Schwingen gebracht werden. Die Tonhöhe wird durch die Länge der jeweiligen Stimmzunge bestimmt, die durch Drücken einer Taste oder eines Knopfes zur Schwingung freigegeben wird.

Bei beiden genannten Instrumenten wird die Luft durch Zusammendrücken oder Auseinanderziehen eines Blasebalgs erzeugt. Hierdurch wird zwar ein in entgegengesetzte Richtungen wirkender Luftstrom erzeugt, jedoch können die Stimmzungen nur in einer Richtung schwingen. Demzufolge müssen für jede Note zwei Stimmzungen vorhanden sein, deren bewegliches Ende in entgegengesetzte Richtungen weist. Vor jeder Zungenspitze ist ein Einwegventil angesetzt, damit die Luft nicht rückwärts über das Ventil streichen kann.

Im allgemeinen bestehen die Stimmzungen aus Federstahl und sind auf einer aus Aluminium hergestellten Stimmplatte (vor noch nicht allzu langer Zeit wurde zur Herstellung der Stimmplatten Messing benutzt) befestigt. In einem Instrument können zwischen fünf und über 300 Stimmzungen vorhanden sein. Ziehharmeniken besitzen häufig mehrere 'Register', um alle Möglichkeiten des Klangreichtums auszuschöpfen.

Bei einigen einfacheren Instrumenten ist nur eine Stimmzunge für jeden Ton vorhanden, so daß durch Drücken und



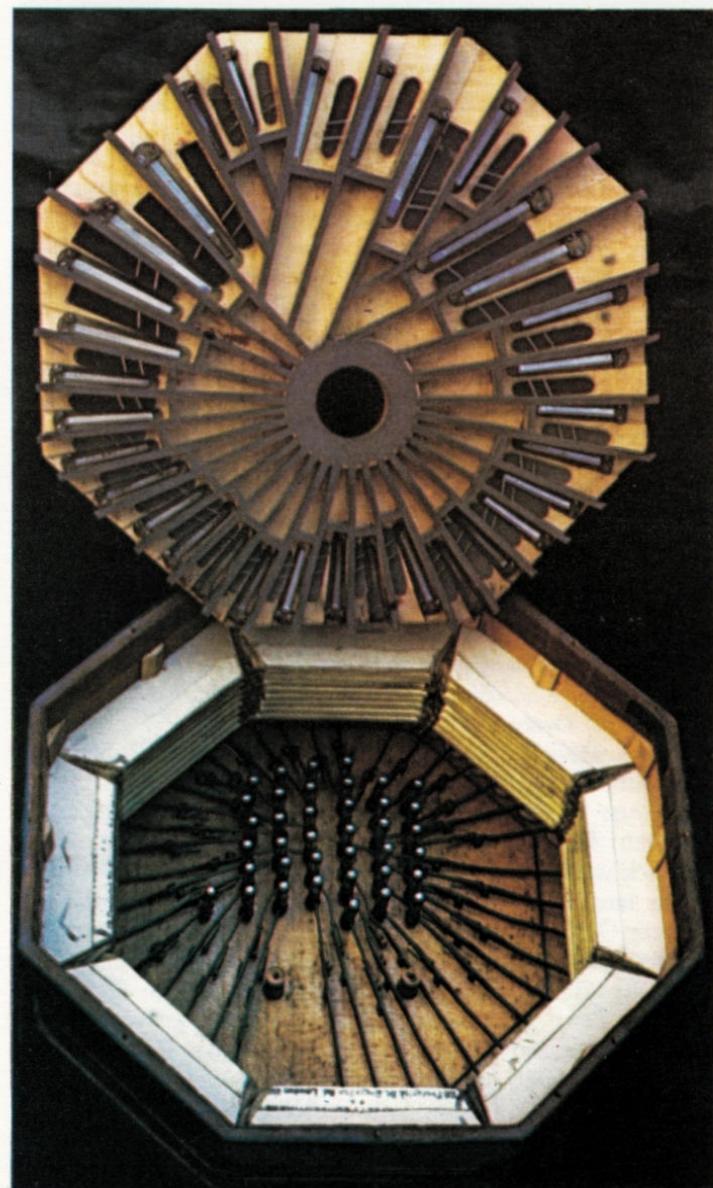
Oben: Die Tastatur der Melodie-Seite einer Tango-Harmonika. Jede Taste ist auf der Gehäusesseite beweglich gelagert und an einem Metallarm befestigt. Durch Tastendruck bewegt sich der Hebelarm mit der Ventilabdeckung nach außen.

Rechts: Im Oberteil dieser geöffneten Konzertina sind der Resonanzboden mit den Stimmzungen und die Ventilkappen zu erkennen (schwarz); unten die Knöpfe mit dem Mechanismus zum Öffnen und Schließen der Stimmzungen auf der Gegenseite.

Ziehen des Blasebalgs, während eine bestimmte Stimmzunge heruntergedrückt ist, zwei verschiedene Töne erzeugt werden.

Der Unterschied zwischen einer Ziehharmenika und einer Konzertina besteht darin, daß die Konzertina ein kleines, einfaches Instrument mit achteckigem Querschnitt ist, während eine Ziehharmenika größer ist, mehr Töne hervorbringen kann und einen rechteckigen Querschnitt aufweist. Bei der Konzertina besteht die Tastatur beidseitig aus kleinen Knöpfen, die mit den Fingern beider Hände gedrückt werden müssen. Die Ziehharmenika besitzt auf der von der rechten Hand bedienten Seite, auf der die eigentliche Melodie gespielt wird (Melodie-Seite, Diskantseite), eine Klavier-Tastatur, während auf der zur Begleitung dienenden linken Seite (Baß-Seite) Knöpfe angeordnet sind.

Die Ziehharmenika wurde im Jahre 1822 von dem Berliner F. Buschmann erfunden und im Jahre 1829 von dem Wiener C. Demian zum Akkordeon verbessert. Eine der ersten Ziehharmeniken, die damals noch als kleine, 'diatonische' Akkordeons ohne doppelt wirkende Stimmzungen in Gebrauch waren, wurde von dem Engländer Sir Charles Wheatstone (1802 bis 1875), dem berühmten Wissenschaftler und Erfinder der Wheatstonebrücke und des Stereoskopes, im Jahre 1829 zur Konzertina umgebaut, die von Anfang an doppelte Stimmzungen besaß. Moderne Piano-Akkordeons (Tango-Harmonika), von denen es verschiedene Arten gibt, sind weitaus komplizierter gebaut und beträchtlich größer als Konzertinas.



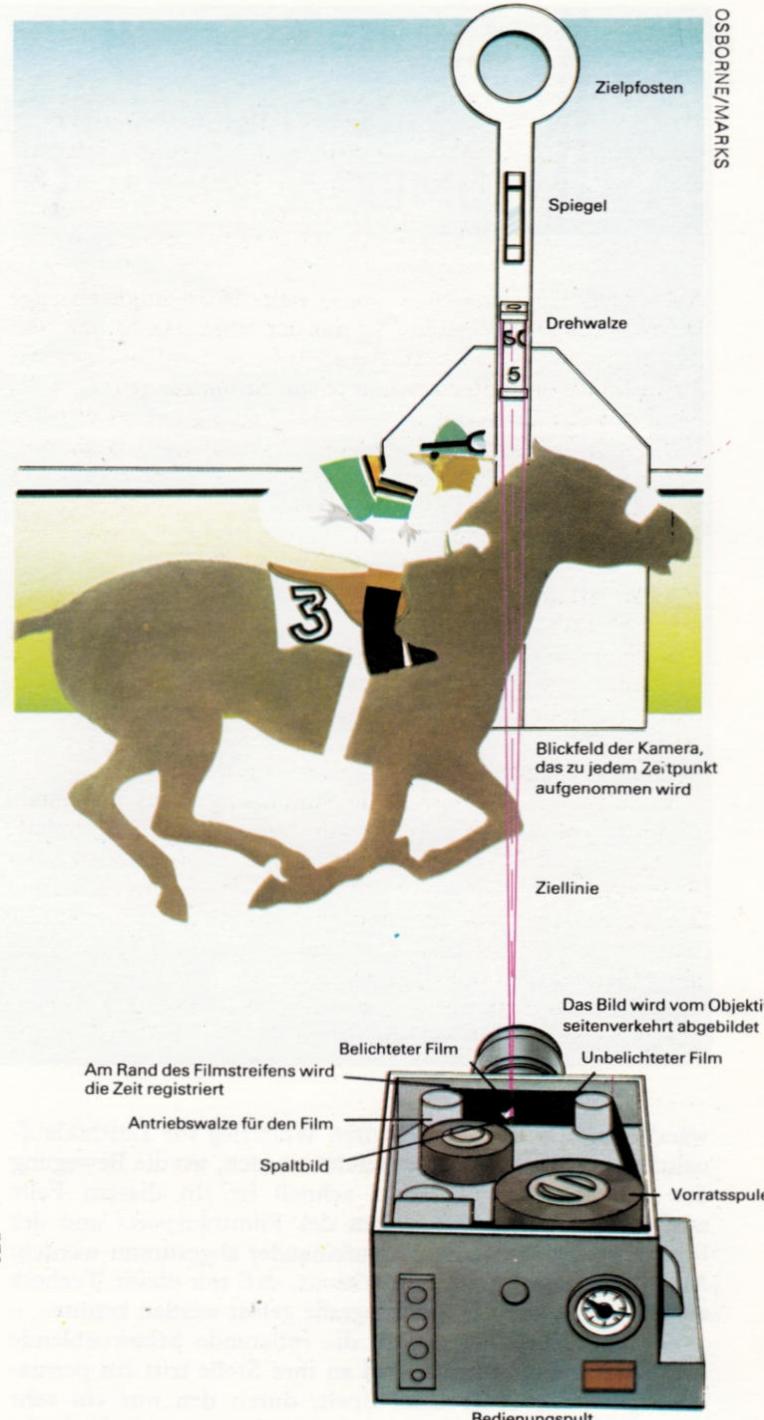
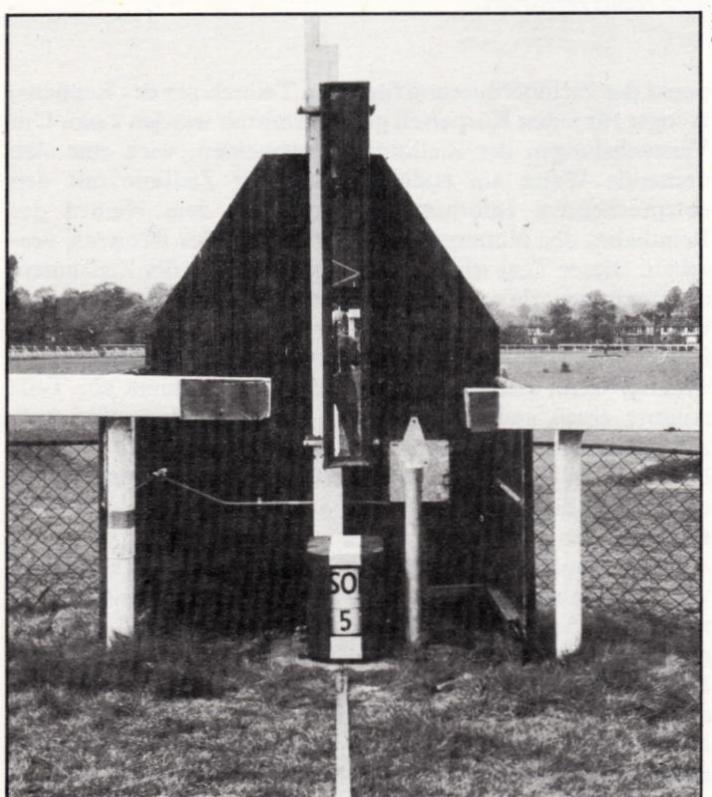
ZIELFOTOGRAFIE

Mit Zielkameras kann die Reihenfolge der Teilnehmer eines Rennens (z.B. Menschen, Tiere oder Fahrzeuge) beim Durchgang durch die Ziellebene exakt erfaßt werden. Die Zielfotografie läßt daher keine Meinungsverschiedenheit mehr über den Ausgang eines Rennens — und sei es noch so knapp — aufkommen.

In den zurückliegenden Jahren gab es eine Reihe von Versuchen, den Ausgang eines Rennens mit Hilfe der Fotografie zu ermitteln. Ein einzelnes Stehbild kann zwar genau zu dem Zeitpunkt gemacht werden, wenn z.B. das erste Pferd über die Ziellinie geht, aber dieses Foto kann schon nicht mehr die exakte Reihenfolge der nächstplazierten Pferde wiedergeben. Auch eine Hochgeschwindigkeits-Filmkamera ist für diese Zwecke nicht geeignet: Sie verbraucht einerseits sehr viel Filmmaterial, andererseits erfaßt sie jene Zeitintervalle nicht, in denen die Blende geschlossen, der Film also in Bewegung ist. In eine solche Phase kann aber durchaus der kritische Moment einer Zielüberquerung fallen.

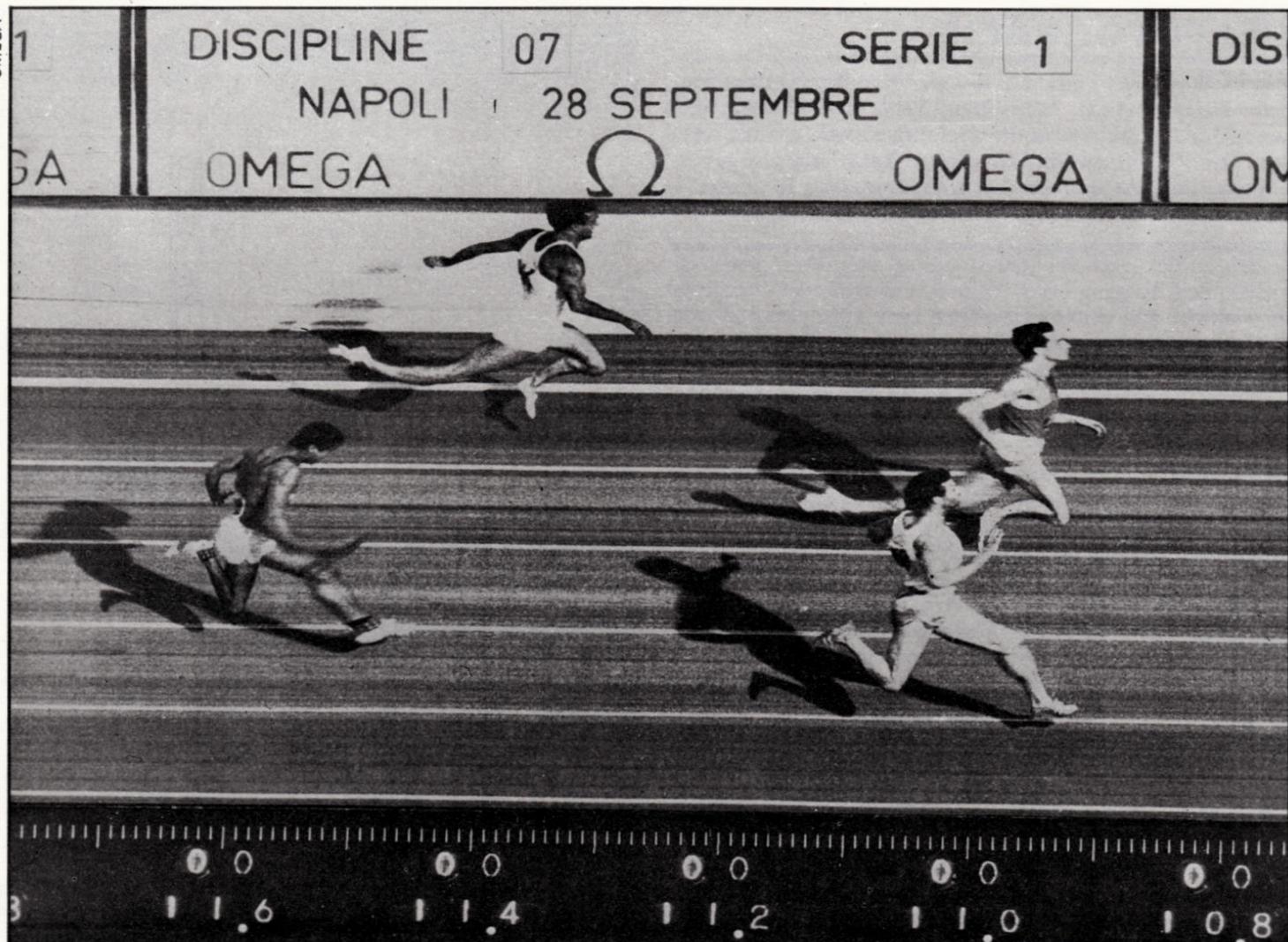
Die Zielkamera wurde daher so konstruiert, daß sie auf einem kontinuierlich transportierten Film die Ziellebene der Rennbahn aufnimmt. Die Transportgeschwindigkeit des Aufnahmematerials wird dabei annähernd der Geschwindigkeit angepaßt, mit der sich die Bildpunkte der Rennteilnehmer bewegen. Schon im Jahre 1906 war diese Aufnahmetechnik entwickelt und in den 'Panorama-Kameras' verwirklicht worden, mit denen z.B. große Menschenmengen aufgenommen werden konnten. So wurden zum Fotografieren von Schulklassen die Schüler um die Panorama-Kamera herumgruppiert, die dann ihrerseits um eine senkrechte Achse geschwenkt wurde und dabei auf einem kontinuierlich bewegten Film die einzelnen Bildabschnitte nacheinander aufnahm. Schüler erkannten schnell die Vorteile dieses Verfahrens: Man brauchte nur von der Seite, an der mit dem Fotografieren begonnen wurde, hinter den Mitschülern zur anderen Seite zu flitzen und hatte so gute Chancen, an beiden Seiten ein- und derselben Gruppenaufnahme abgebildet zu werden.

Das gleiche Aufnahmeprinzip mit Ausgleich der Bildpunkt-



Oben: Wenn Pferde sich der Ziellinie nähern, wird die Filmgeschwindigkeit anhand von Erfahrungswerten eingestellt. Sie hängt auch davon ab, ob das Teilnehmerfeld geschlossen oder auseinandergezogen ankommt. Die Drehgeschwindigkeit der Walze ist nicht so bedeutend, da Text z.B. auch dann gelesen werden kann, wenn er etwas gestreckt oder gestaucht sein sollte. Der 35 mm breite Film kommt von einer Vorratsspule und ist nicht perforiert. Würde er nämlich über Perforationslöcher mit Zahntrommeln angetrieben, so würde sich die dadurch bedingte Laufunruhe in einem regelmäßigen Streifenmuster niederschlagen.

Links: Der Zielposten mit Spiegel und Drehwalze, die für jedes Rennen mit der dazugehörigen Information versehen wird. Im Spiegel kann man das Gehäuse der Zielfotoeinrichtung erkennen. Es hat zwei Öffnungen für zwei Zielkameras mit unterschiedlichen Brennweiten.



wanderung war auch im Zweiten Weltkrieg für Luftbildaufnahmen bei Tiefflügen angewendet worden, wo die Bewegung des Untergrundes besonders schnell ist. In diesem Falle mußten die Geschwindigkeiten des Filmtransports und der Bildpunktwanderung jeweils aufeinander abgestimmt werden. Man hatte damals natürlich erkannt, daß mit dieser Technik auch das Problem der Zielfotografie gelöst werden konnte.

Bei der Zielkamera entfällt die rotierende Sektorenblende der üblichen Filmkameras und an ihre Stelle tritt ein permanent geöffneter senkrechter Spalt, durch den nur ein sehr kleiner horizontaler Blickwinkel, nämlich ausschließlich die Zielebene der Rennbahn, abgebildet wurde.

Alles was vor oder hinter der Ziellinie passiert, kann folglich nicht von der Kamera erfaßt werden, da es außerhalb des Blickwinkels liegt. Da der Spalt aber ununterbrochen geöffnet ist, kann zu jeder Zeit jeder Vorgang in der Zielebene aufgenommen werden. So werden z.B. von einem Pferd, das über die Ziellinie läuft, zuerst die Nüstern, dann der Kopf mit den Ohren, danach der Körper und schließlich der Schwanz abgebildet. Das Pferd wird jedoch zu keinem Zeitpunkt als ganzes von der Kamera gesehen. Ein zweites Pferd, das die Ziellinie später überquert, wird zwangsläufig auch weiter hinten auf dem abrollenden Film aufgenommen. Die Zielkamera zeichnet damit ohne jegliche Verfälschung die zeitliche Aufeinanderfolge aller Ereignisse in der Zielebene auf. Dabei ist es auch nicht erforderlich, daß die Filmtransportgeschwindigkeit der Bildpunktbewegung exakt angepaßt ist, da Stauchungen oder Streckungen in den Zielfotos für die Auswertung völlig belanglos sind.

Am Rande des kontinuierlich abrollenden Films kann zusätzlich noch die Zeit registriert werden, so daß der Zeit-

Ein Zielfoto, das bei einem internationalen Leichtathletik-Wettbewerb aufgenommen wurde. Hier der 100-m-Einlauf: Die genauen Zeiten für die einzelnen Teilnehmer sind von links nach rechts registriert.

punkt der Zielüberquerung für jeden Teilnehmer des Rennens, ja sogar für jeden Körperteil genau ermittelt werden kann. Um Verwechslungen der Zielfotos zu vermeiden, wird eine sich drehende Walze am anderen Ende der Ziellinie mit den entsprechenden Informationen, wie z.B. dem Namen der Rennbahn, der Nummer und dem Datum des Rennens, versehen. Dieser Text wird dann automatisch von der Zielkamera aufgenommen, da er im Blickwinkel erscheint. Mit Hilfe eines über dieser Drehwalze befindlichen Spiegels kann der Zieleinlauf auch von der Gegenseite eingesehen werden. Das ist dann wichtig, wenn aus der direkten Sicht der Kamera ein Teilnehmer einen anderen verdeckt. Für die vollständige Aufzeichnung eines Zieleinlaufs wird normalerweise nur etwa ein halber Meter Film benötigt. Die erforderliche Filmlänge hängt schließlich davon ab, wie weit das Teilnehmerfeld auseinandergezogen ist.

Das Kampfgericht möchte natürlich das Zielfoto so schnell wie möglich auswerten können, so daß der Film unmittelbar nach der Aufnahme entwickelt werden muß. Um auch möglichst kurz entwickeln zu können, wird eine relativ hohe Entwicklungstemperatur von 43°C gewählt. Nach nur etwa acht Sekunden ist der Film dann entwickelt und etwa dreißig Sekunden nach dem Zieleinlauf kann er den Kampfrichtern, die gewöhnlich in einer Kabine unter dem Kameraraum sitzen, vorgeführt werden.

ZIGARETTENHERSTELLUNG

Eine moderne Zigarettenmaschine kann etwa viertausend Filterzigaretten pro Minute herstellen.

Die Indianer Nordamerikas waren die ersten Raucher. Sie glaubten, daß TABAK, auf diese Weise genossen, medizinisch wirksam war. Außerdem benutzten sie Tabak auch für Zeremonien, z.B. zum Rauchen der Friedenspfeife.

Die Reisen von Christoph Columbus (1451 bis 1506) trugen dazu bei, die Beliebtheit des Tabakrauchens über die ganze übrige Welt zu verbreiten. Seeleute brachten den Tabak zum ersten Male im 16. Jahrhundert nach Europa. Berichten zufolge soll im Jahre 1556 ein Seemann durch die Straßen von Bristol gegangen sein, der 'Rauch durch die Nasenlöcher ausstieß'.

Der erste Versuch zur maschinellen Herstellung von Zigaretten fand im Jahre 1872 statt, und im Jahre 1878 wurde eine Maschine entwickelt, die 60 Zigaretten pro Minute herstellen konnte. Im Jahre 1881 war das grundlegende Verfahren zur Zigarettenherstellung, das noch heute angewendet wird, von einem 19 Jahre alten amerikanischen Studenten namens James Bonsack erfunden worden. Zu seiner Maschine gehörte ein Röhrchen, das das Papier zusammenrollte, ehe der Tabak hineingedrückt wurde. So entstand ein fortlaufender Zigarettenstab, der anschließend in gleiche Teile geschnitten wurde.

Bonsacks Maschine konnte 200 Zigaretten pro Minute herstellen. Im Jahre 1894 wurde die Baron-Maschine patentiert, mit der pro Minute 450 Zigaretten hergestellt werden konn-

Die Tabakblätter werden für die Zigarettenherstellung in Heißluft getrocknet und nach Größe sortiert und gebrochen. Falls es für die Weiterverarbeitung erforderlich ist, werden die erhaltenen Blattstückchen vorbehandelt und mit anderen Tabaksorten verschnitten. Nach dem Zerkleinern wird der Tabak gekühlt und getrocknet; die Zigarette wird gedreht und auf Länge zugeschnitten.

ten. Diese Maschine war der eigentliche Vorläufer der modernen maschinellen Einrichtungen zur Herstellung von Zigaretten.

Die Tabakpflanze

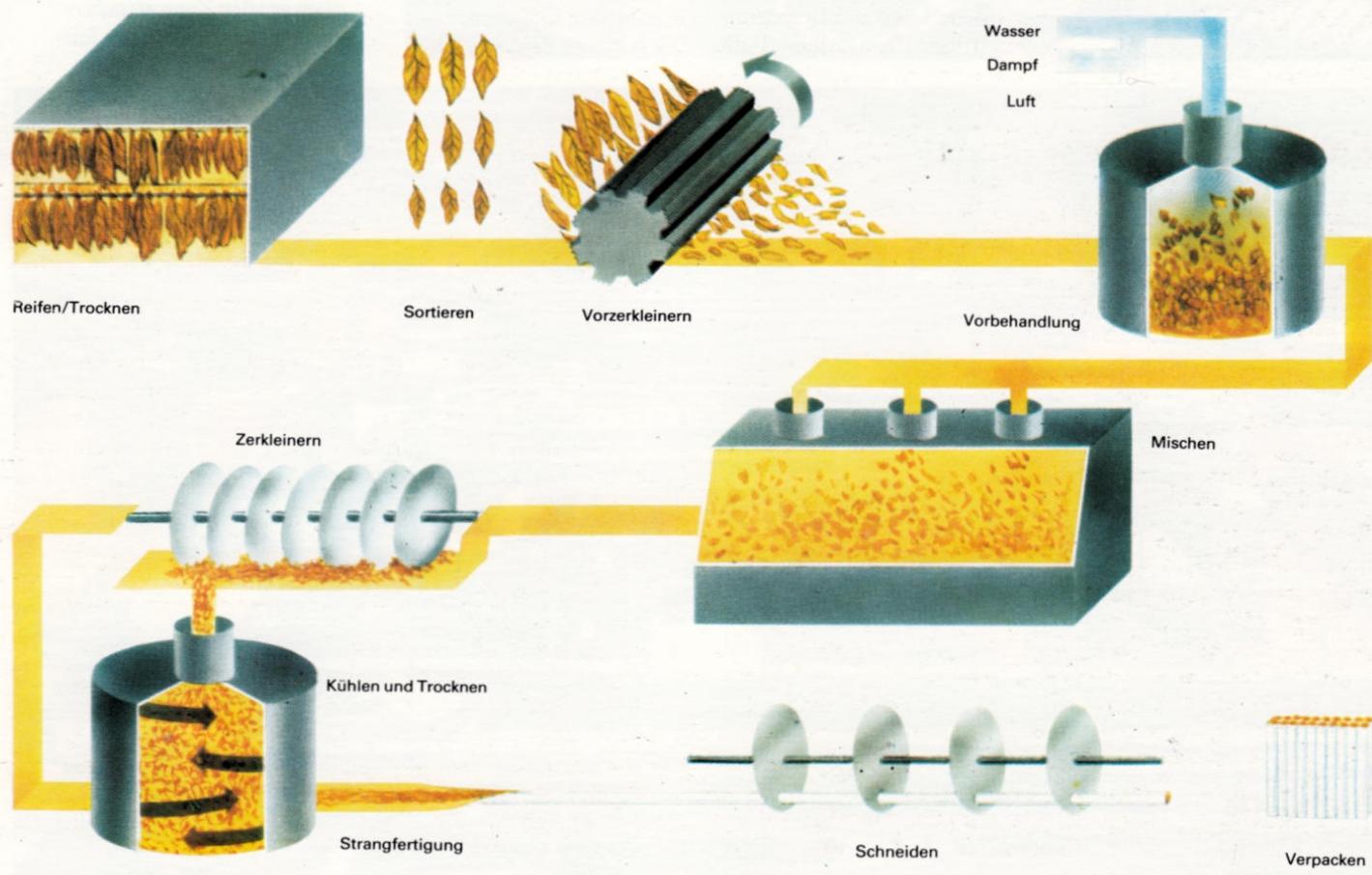
Tabak ist eine sehr widerstandsfähige Pflanze, die heute in vielen Teilen der Welt, in solch nördlichen Ländern wie Schweden bis zu weit im Süden liegenden Ländern wie Neuseeland wächst, aber wegen ihrer tropischen Herkunft am besten in warmen Klimabereichen gedeiht. Heute ist Amerika eines der hauptsächlichsten Anbauländer der Welt für feine Qualitätstabake.

Die Samen der Tabakpflanze sind sehr klein. Zum Beispiel ergibt ein Teelöffel voll genug Sämlinge, um einen Hektar zu bepflanzen, und bringt einen Ertrag von 2,5 Tonnen Tabakblättern. Nach der Aussaat werden die Anzuchtbeete regelmäßig gegossen. Nach sechs bis zehn Wochen sind die Sämlinge 15 cm bis 20 cm hoch. Nun werden sie ausgesetzt, und später werden die Kopftriebe abgekniffen, um die Bildung eines kräftigen Blattwuchses anzuregen. Die Blätter beginnen nach acht bis zehn Wochen zu reifen und werden während der Reife Blatt für Blatt abgerntet. Normalerweise werden die unteren Blätter zuerst geerntet, was etwa 10 bis 12 Wochen nach dem Aussetzen ins Freiland erfolgt.

Trocknung

Nach dem Ernten läßt man den Tabak reifen, d.h. er wird unter sorgfältiger Überwachung getrocknet. Die Art der Durchführung dieses Vorganges hat einen starken Einfluß auf die Eigenschaften des Tabaks. So werden z.B. die hellen Virginia-Tabake in Heißluft getrocknet (Röhrentrocknung). Die ausgesuchten Blätter werden auf Schnüre gereiht und in direkt durch Raumheizgeräte oder indirekt durch Brennöfen beheizte Schuppen oder Trockenöfen gehängt. Dieser Vorgang des Nachreifens erstreckt sich etwa über eine Woche.

Einige besonders aromatische Tabake werden im Rauch über Holzfeuern getrocknet, wobei das jeweils typische Aroma von der Art des verwendeten Holzes bestimmt wird.



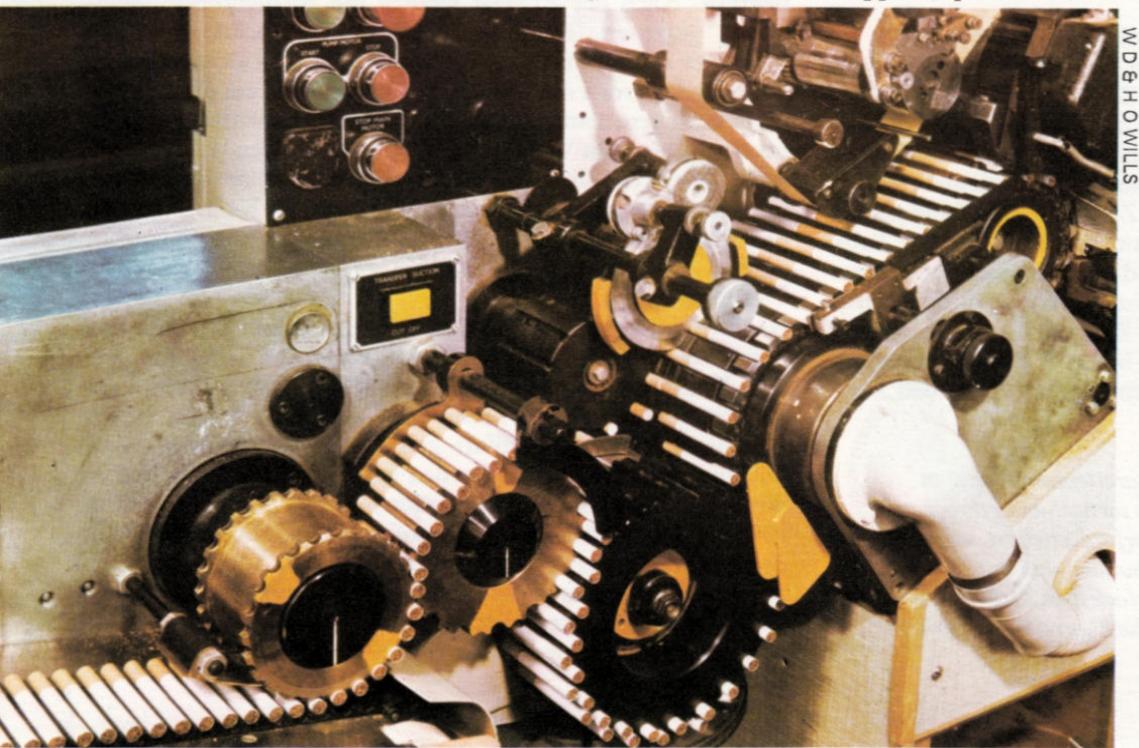
Die Sonnentrocknung, wie sie bei vielen starken Tabaken üblich ist, kann zwischen 1 1/2 und 3 Wochen dauern. In diesem Falle werden die Blätter im Freien auf Gestellen getrocknet, wobei beachtet werden muß, daß sie nicht mit Feuchtigkeit oder feuchter Luft in Berührung kommen. Sehr oft leitet man die Trocknung damit ein, daß man die Blätter auf dem Feld ein paar Tage lang welken läßt, ehe der eigentliche Trocknungsvorgang beginnt.

Die Zigarettenhersteller kaufen die von ihnen verarbeiteten Tabake über ihre Vertreter, die Kontakte zu den Tabakmärkten vieler Länder der Welt haben. So importiert Deutschland z.B. 45% seines Rohtabaks aus den Vereinigten Staaten von Amerika, 13,5% aus Griechenland und den Rest aus anderen Ländern der Welt. Die Tabake aus den verschiedenen Teilen der Welt weisen unterschiedliche 'Rauchegenschaften' auf.

Die Hersteller müssen also darauf achten, eine Mischung zu schaffen, die ihre Eigenschaften oder ihren Geschmack nicht von einem Jahr zum anderen verändert. Zum Versand an die Zigarettenhersteller wird der Tabak gepreßt und entweder in Form von Ballen oder in Fässern verpackt verschickt.

Lagerung und Verarbeitung

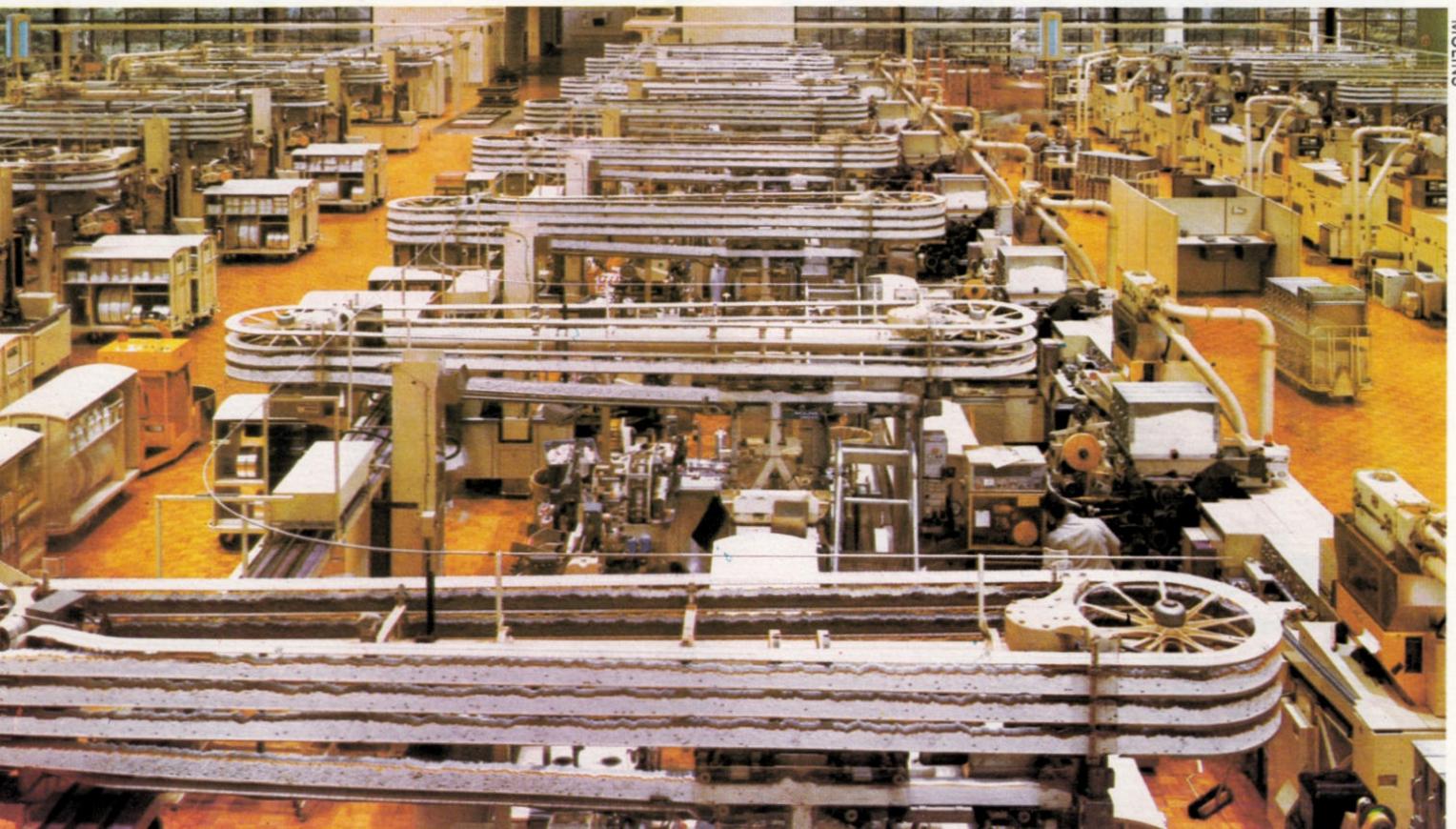
Die Tabakblätter, die beim Eintreffen in der Zigarettenfabrik trocken und brüchig sind, werden in Lösetrommeln unter Dampfeinwirkung gelockert, bis die Blätter wieder einzeln vorliegen. Auf Transportbändern werden die Tabakblätter befeuchtet, gekappt (d.h. man trennt die Blattspitzen ab und entrippt die einzelnen Blätter) und, je nach Sorte, einer besonderen Behandlung unterworfen. Die Blattspitzen und die entrippten Spreiten werden auf den sogenannten Blattstraßen



Links: Ausstoß einer Zigarettenmaschine, mit der etwa 2 500 Filterzigaretten pro Minute hergestellt werden können. Papier und Tabak werden in Form eines endlosen Stranges zusammengeführt, von dem anschließend die einzelnen Zigaretten abgeschnitten werden.

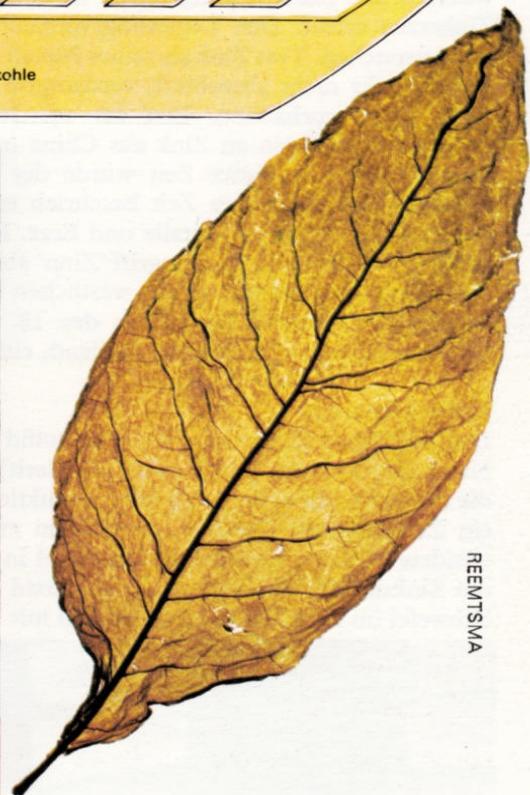
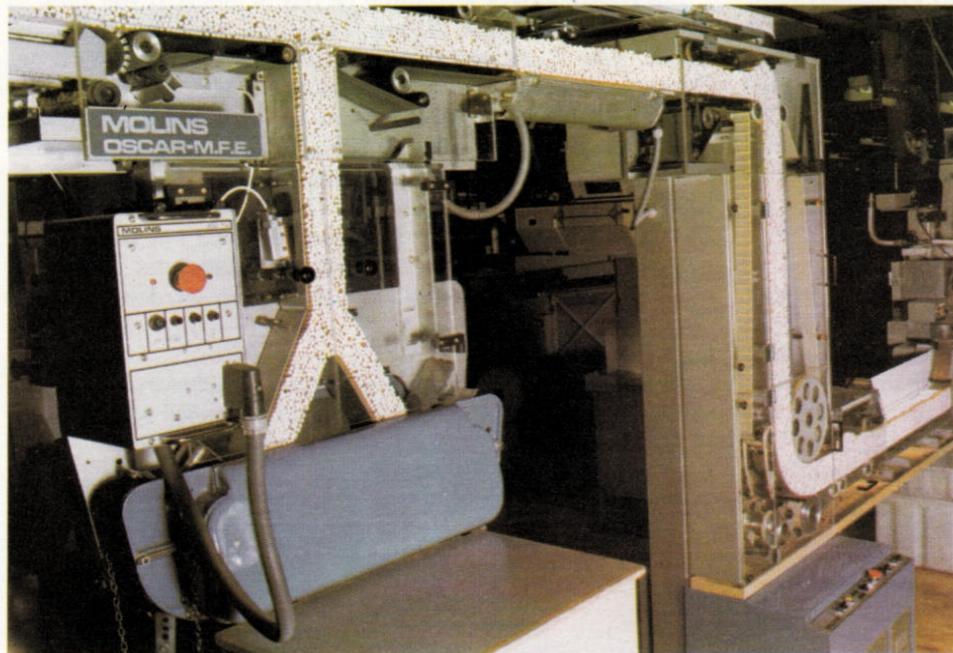
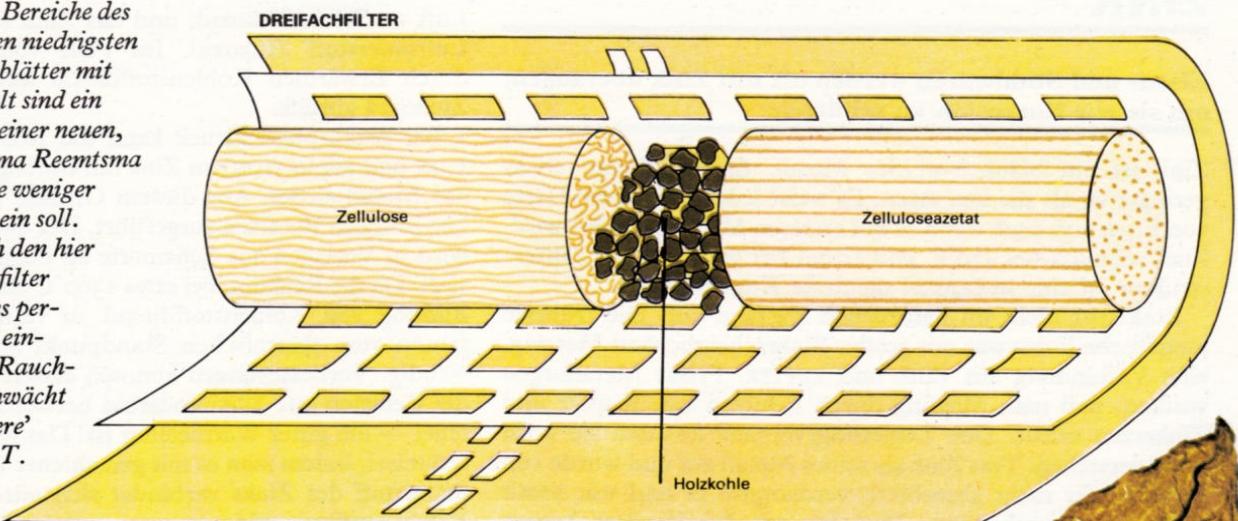
Rechts: Teilansicht des Fördersystems zwischen Herstellung und Verpackung von Zigaretten bei der Firma Molins, der größten Zigarettenfabrik der Welt in Richmond, Virginia, USA.

Unten: Herstellung, Förderung und Verpackung geschieht bei allen großen Zigarettenherstellern automatisch am laufenden Band.



MOLINS

Rechts: Die helleren Bereiche des Tabakblattes haben den niedrigsten Nikotingeinhalt. Tabakblätter mit geringem Nikotingeinhalt sind ein wichtiger Bestandteil einer neuen, von der deutschen Firma Reemtsma hergestellten Sorte, die weniger gesundheitsschädlich sein soll. Der Rauch wird durch den hier abgebildeten Dreifachfilter abgesaugt, der überdies perforiert ist, damit Luft eindringen kann und die Rauchkonzentration abgeschwächt wird. Andere 'gesündere' Zigaretten bestehen z.T. aus nikotin- und teerfreiem Zellulosestoff.



weitertransportiert und in Mischtürme abgeworfen, in denen sie in dünnen Lagen übereinander liegen und senkrecht abgezogen werden. Nach erneutem Mischen und Anfeuchten wird die entstandene Tabakmasse in Schneidemaschinen geleitet, in denen sie von rotierenden Messern zerschnitten wird und in lockeren Häufchen auf ein Transportband fällt. Die auf der sogenannten Rippenstraße gewalzten und geschnittenen Blattrippen werden jetzt dem Schnitttabak zugemischt und gemeinsam mit ihm in Trockentrommeln geführt, mit Duftstoffen versetzt und in die Schnittabak-Stauanlage gefüllt.

Von der Schnittabak-Stauanlage wird der Tabak über eine pneumatische Verteilungsanlage den einzelnen Zigarettenmaschinen zugeführt. Im 'Formteil' der Zigarettenmaschinen wird der Tabak gleichmäßig auf einem Transportband ausgetragen. Es entsteht das Tabakvlies, aus dem später der Strang geformt wird, der anschließend mit Zigarettenpapier umhüllt und danach in der Klebekammer zur Zigarette verklebt wird.

Zigarettenpapier ist ein leichtes, aus reiner Zellulose hergestelltes Feinstpapier. Die Qualität des Zigarettenpapiers wird von seiner Reißfestigkeit und Porosität, durch die der Geschmack der Zigarette beeinträchtigt wird, und seinem Lichtundurchlässigkeitsgrad (Opazität), von dem das Aussehen des Zigarettenpapiers abhängt, bestimmt. Zum Verkleben des Zigarettenpapiers werden Stärke und Dextrin benutzt.

Bei der Herstellung von Filterzigaretten setzt eine Filtermaschine jeweils einen Doppelfilter zwischen zwei Zigaretten-

abschnitte an. Nachdem die Doppelfilter mit dem von der Mundstück-Bobine kommenden Belag beklebt worden sind, werden sie durch einen Schnitt voneinander getrennt und auf die gleiche Weise wie die anderen Zigaretten in leichten, meist durch einen Kreistransporteur (über die einzelnen Maschinenstationen in Arbeitshöhe hängend geführte Kästen) weiterbeförderten Sammelschrägen gesammelt. Von dort laufen sie durch ein Kontroll- und Auswerfsystem zur Packmaschine.

Die fertigen Zigaretten werden von Verpackungsmaschinen in der erforderlichen Anzahl in unterschiedlich dimensionierte Kleinverkaufspackungen verpackt. Anschließend werden die verschlossenen Kleinverkaufspackungen mit einer mit Steuerzeichen versehenen Banderole umgeben und zum Schutz vor schädlichen klimatischen Einflüssen in Folien aus Zellglas oder Propylen eingesiegelt, ehe sie über Fließbänder zu den Endverpackungsmaschinen transportiert und in verschiedenen großen Versandkartons gepackt werden.

In der Bundesrepublik Deutschland ist die Besteuerung von Tabakwaren nach ihrem Kleinverkaufspreis gestaffelt. Für Zigaretten beträgt diese 'Banderolensteuer' genannte Steuer im Jahre 1980 etwa 58% plus gesetzlicher Mehrwertsteuer.

Die Tabaksteuer ist vom Hersteller abzuführen, der seinerseits natürlich den Verkaufspreis entsprechend erhöht. Aus Kontrollgründen dürfen Tabakerzeugnisse nur in geschlossenen, mit Steuerzeichen versehenen Kleinverkaufspackungen den Herstellerbetrieb verlassen.

ZINK

Eisen- und Stahlwaren werden oft mit Zink überzogen, um sie vor Korrosion zu schützen.

Zink ist ein bläulich-weißes Metall, dessen Dichte etwas geringer ist als die von Eisen. Es weist jedoch nicht die Härte von Eisen auf, auch wenn es mit anderen Metallen legiert wird. Zink schmilzt bei 420°C und siedet bei 907°C. Seine Gitterstruktur ist eine hexagonal-dichteste Kugelpackung.

Zink tritt nicht im natürlichen Zustand auf. Die früheste metallische Form war mit großer Wahrscheinlichkeit Messing, eine Verbindung aus Zink und KUPFER. Frühe Metallurgien wußten, daß man Messing durch Erhitzen von Kupfer und Zinkerzen erhält. Den Legierungsvorgang konnten sie noch nicht verstehen. Trat Zink als reines Metall auf und wurde von dem Kupfer nicht absorbiert, verdampfte es und war somit nicht mehr vorhanden. Erst im 17. Jahrhundert kamen bedeutende Mengen an Zink aus China und Ostindien nach Europa. Etwa zu dieser Zeit wurde der Begriff 'Zink' geschaffen. Zur damaligen Zeit beschrieb es eine Zusammensetzung verschiedener Metalle und Erze. Es ist möglich, daß der Begriff 'Zink' aus dem Begriff 'Zinn' abgeleitet wurde. Die erste Zinkschmelzanlage in der westlichen Hemisphäre wurde in den frühen vierziger Jahren des 18. Jahrhunderts von William Champion in Bristol, England, eingerichtet.

Gewinnung

Das wichtigste Zinkerz ist das Zinksulfid (ZnS), das in der Natur als kubische Zinkblende (Sphalerit) vorkommt. Es ist die Quelle von über 90% der Weltproduktion an Zink. Galmei, ein Zinkcarbonat (ZnCO_3), ist das am zweithäufigsten verwendete Zinkerz. Es wird in der Regel in Luft geröstet, um das Zinksulfid oder -carbonat in Zinkoxid überzuführen. Der Schwefel im Zinksulfid verbindet sich mit dem Sauerstoff der

Luft zu Schwefeldioxid, und das Zink selbst ergibt mit dem Luftsauerstoff Zinkoxid. Im Falle von Zinkcarbonat wird durch Erwärmen Kohlenstoffdioxid ausgetrieben; es bleibt Zinkoxid zurück.

Bei Atmosphärendruck kann die Reduktion (siehe OXIDATION und REDUKTION) zu Zink nur durchgeführt werden, wenn das Metall siedet. Aus diesem Grunde wird die Reaktion in horizontalen Retorten ausgeführt. Der entstehende Zinkdampf wird in Vorlagen aus Schamotte zu flüssigem Metall kondensiert. Da die Reaktion bei etwa 1300°C auszuführen ist, um die Bildung von Kohlenstoffdioxid zu vermeiden, ist das Verfahren vom thermischen Standpunkt aus gesehen sehr aufwendig. Verbesserungen konnten erzielt werden, indem man die Retorten aus Siliciumcarbid herstellte, das — wenn auch teuer — ein guter Wärmeleiter ist. Das Zinkoxid wird zu Zink reduziert, indem man es mit gemahlener Kohle vermischt. Der Sauerstoff des Zinks verbindet sich mit dem Kohlenstoff zu Kohlenstoffmonoxid.

Ein relativ junges Verfahren ist das Schmelzen von Zink in einem Hochofen. Bei diesem Verfahren kann beim Durchblasen von Luft nicht ganz vermieden werden, daß im Feuergas Kohlenstoffdioxid enthalten ist. Hierdurch kann der Zinkdampf beim Abkühlen wieder zu Zinkoxid oxidiert werden. Diese Schwierigkeiten werden dadurch überwunden, daß man den Zinkdampf mit geschmolzenem BLEI besprüht, während das Zink noch heiß ist. Das Blei löst bei 500°C das Zink und wandert in eine Kammer, die sich auf einer Temperatur von 440°C befindet. Bei dieser Temperatur schwimmt das Zink auf dem Blei und kann abgezogen werden. Das Blei

Unten: Hochreines Zink. Die erste Stufe der Reindarstellung von Zink ist die Reduktion von Zink bei Anwesenheit von Kohle. Eine weitere Reinigung erfolgt durch fraktionierte Destillation oder durch Verflüssigung.



wird in die Sprühkammern zurückgeführt. Mit diesem Verfahren kann Zink nicht kommerziell aufbereitet werden. Es ist jedoch denkbar, daß bei Blei/Zink-Erzen auf diese Weise Zink gewonnen werden kann.

Man kennt zwei Verfahren zur Reinigung des Rohzinks: die Verflüssigung und die fraktionierte Destillation. Das erste Verfahren ähnelt dem oben beschriebenen Blei/Zink-Verfahren. Das Zink wird über mehrere Stunden etwas über dem Schmelzpunkt gehalten. Hierbei sinken Blei- und Eisenanteile auf den Boden der Schmelze ab. Das reine Zink wird dann abgeschöpft. Bei der fraktionierten Destillation gehen Zink (Siedepunkt: 907°C) und Cadmium (Siedepunkt: 767°C) zuerst über, während Blei (Siedepunkt: 1751°C) und Eisen (Siedepunkt: 2735°C) im Rückstand verbleiben. Durch erneutes Destillieren und Kondensieren wird dann 'Feinzink' mit einer Reinheit von 99,99% gewonnen.

Anwendungen

Etwa 23% des erzeugten Zinks wird zum Überzug von Eisen als Schutz gegen Korrosion verwendet. Weitere 20% werden bei der Messingherstellung verwendet.

Eine der wichtigsten Anwendungen ist der Druckguß, bei dem geschmolzenes Metall unter Druck in eine Stahlform, die häufig eigentümliche Formen hat, gepreßt wird. Die sich hieraus ergebende Form ist eine solch genaue Nachbildung der Druckform, daß eine Nacharbeitung nur selten erforderlich ist. Die mechanischen Eigenschaften sind auch wesentlich besser als beim Sandguß, da durch die schnelle Aushärtung des Zinks nur sehr kleine Korngrößen entstehen. Dieser Druckguß bringt deshalb so gute Ergebnisse, weil der Schmelzpunkt von Zink relativ niedrig ist und Zink eine zufriedenstellende Härte aufweist.

Selbst bei 450°C, der Gießtemperatur, greift Zink, abgesehen von Teilen der Gießmaschine, die Stahlformen an. Es wurde herausgefunden, daß bei Zusatz von 4% Aluminium

zum Zink die Lebensdauer der Maschine und der Stahlform erhöht wird. Es ist teilweise wichtig, daß die Reinheit von Zink sehr sorgfältig überwacht wird. Kleine Zusätze von Blei, Cadmium und Zinn führen zu Verschiebungen der Korngrenzen, was eine gewisse Sprödigkeit zur Folge hat. Eine typische Druckgußlegierung enthält 1% Kupfer — es verbessert die mechanischen Eigenschaften —, 4% ALUMINIUM und weniger als 200 ppm (1 ppm = 1 Teilchen auf 1 Million Teile) Blei, Cadmium und Zinn. Zinkgüsse sind weit verbreitet. Die Automobilindustrie ist der Hauptverbraucher von Zink. Bei Teilen wie Vergasern, Türgriffen und Innenausstattungen wird viel Zink verwendet.

Ballenzink wird bei Batteriegehäusen, beim Gravieren, bei Matrizen und Lithoplatte verwendet. Es wird als katodischer Schutz (siehe KORROSIONSSCHUTZ) von Stahlkonstruktionen wie Schiffen oder Unterwasserleitungen eingesetzt. Platten, denen 1% Kupfer und 0,1% Titan zugesetzt ist, bilden Beläge für Dächer. Der geringe Anteil an Titan bildet mit dem Zink eine intermetallische Verbindung, die vor Wärmeausdehnung schützt. Andererseits verfügt eine Legierung aus Zink und 22% Aluminium über solch elastische Eigenschaften, daß es mehrmals verformt werden kann, ohne zu brechen.

Wie die meisten Metalle löst sich Zink in starken Säuren. Es entsteht ein Zinksalz und Wasserstoff. Eine solche Reaktion wird im Labor häufig angewendet, um kleine Mengen an Wasserstoff zu erzeugen. Ist die Säure z.B. Salzsäure, entsteht Zinkchlorid ($ZnCl_2$) und Wasserstoff. Die am häufigsten verwendeten Zinkverbindungen sind Zinkoxid und Zinksulfid (ZnS), die weiß sind.

Unten: Abscheiden von Zink durch ein Schwimmverfahren. In die geschmolzene Masse wird Luft eingeblasen. Hierbei setzen sich Blei und Silber am Boden ab. Zinksulfid bildet Schaum an der Oberfläche.

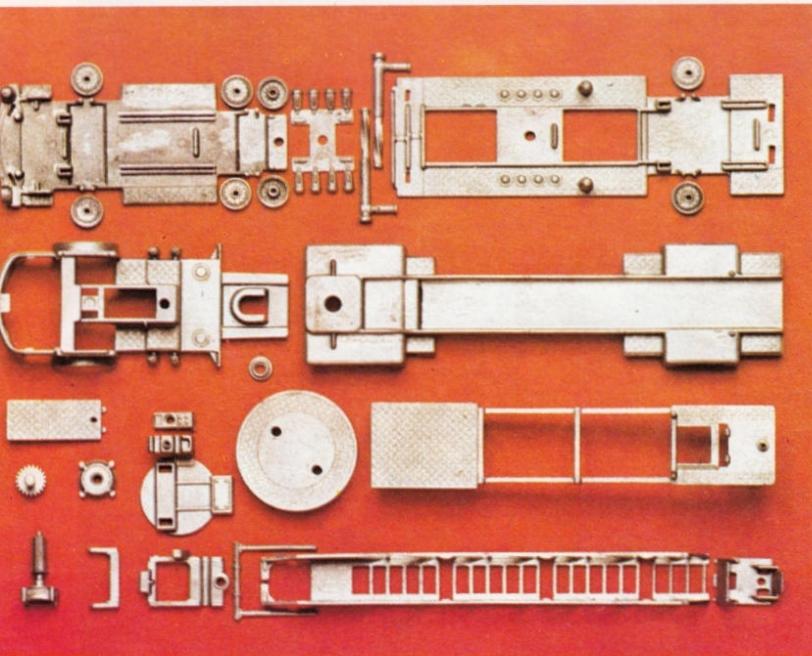




AM & S EUROPE

Oben: Zink ist äußerst wichtig für Galvanisierungsprozesse. Beim Galvanisieren wird Eisen von einer Zinkschicht zum Schutz überzogen.

Unten: Dieser Spielzeugfeuerlöschzug ist im Druckgußverfahren mit einer Zinklegierung, die Magnesium und Aluminium enthält, hergestellt worden. Links die Einzelteile.



AM & S EUROPE

ZINN

Zinn kennt man im täglichen Gebrauch als Zinteller oder als Trinkgefäß. Es kommt weniger häufig vor als die nicht so bekannten Metalle Vanadium und Titan.

Zinn ist ein silberweißes Weichmetall, das bei 232°C schmilzt und bei 2687°C siedet. Es ist ein Bestandteil der Bronze, die man seit dem 3. Jahrtausend v. Chr. kennt. Heute wird Zinn vielfältig angewendet, da es widerstandsfähig gegen Korrosion und ungiftig ist. Außerdem lässt es sich mit den meisten Metallen legieren. Man kennt viele Zinnverbindungen, die in der chemischen Industrie Verwendung finden. Das chemische Symbol für Zinn ist Sn; es hat seinen Ursprung in dem lateinischen Wort 'stannum'.

Wenn Zinn auch aufgrund der im Haushalt gebräuchlichen Gegenstände weit bekannt ist, beträgt seine Weltjahresproduktion doch nur etwa 200 000 Tonnen. Im Vergleich werden pro Tonne Zinn etwa 3 t Nickel, 17 t Blei, 22 t Zink und 32 t Kupfer verbraucht.

Vorkommen und Darstellung

Bedeutende Zinnvorkommen gibt es nur an wenigen Stellen der Erde. Die wesentlichen Förderländer sind entsprechend ihrer Bedeutung Malaysia, Bolivien, Indonesien, Thailand, Australien, Nigeria und Zaire. Diese Länder fördern etwa 90% des Bedarfes für den Westen. In geringen Mengen wird Zinn auch in Bolivien, Großbritannien, Südafrika, Argentinien, China und der UdSSR abgebaut.

Das wichtigste Zinnerz ist der Zinnstein (Kassiterit, SnO_2). Es hat eine sehr hohe Dichte und ist weit verbreitet. Man findet jedoch vielfach nur 200 g Kassiterit pro Tonne gefördeter Erde vor. Das Zinnmineral muß daher zuerst

Eine Zinnmine bei Penang in Malaysia. Die meisten Zinnablagerungen befinden sich an oder wenig unterhalb der Erdoberfläche, so daß kein Untertagebau betrieben werden muß. Das Haupterz ist Kassiterit.



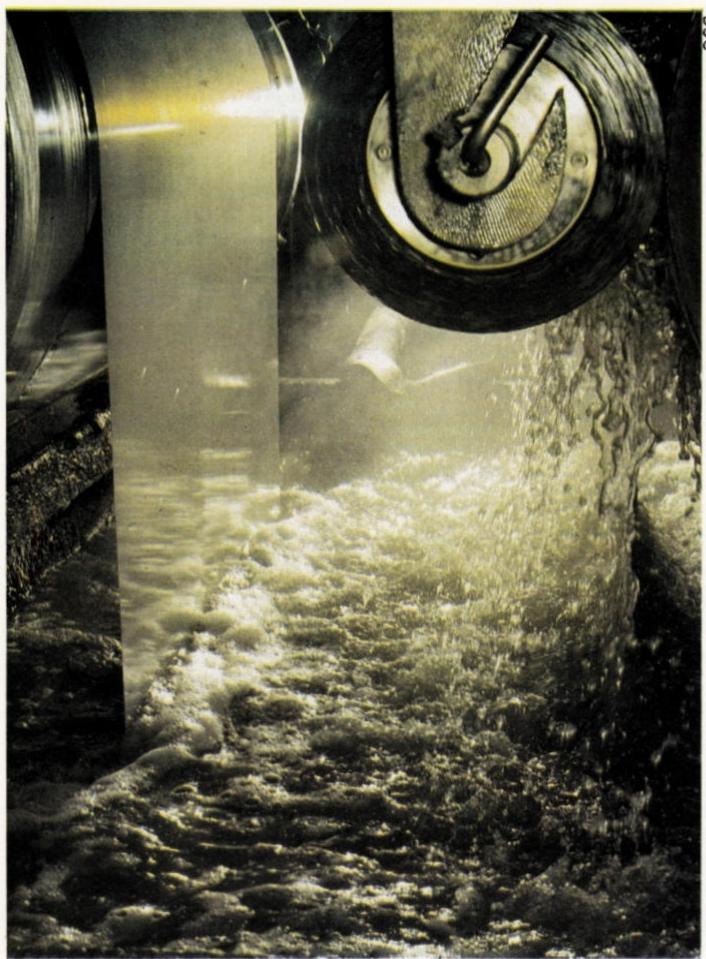
gesammelt werden, bevor es eingeschmolzen werden kann. Zur Darstellung des Zinns aus Zinnstein wird der Zinnstein durch Rösten von Verunreinigungen wie Schwefel und Arsen befreit und dann durch Erhitzen mit Koks im Schacht- oder Flammofen reduziert. D.h. das Zinndioxid (SnO_2) reagiert mit dem Kohlenstoff (C) zu sogenanntem Rohzinn und Kohlenstoffmonoxid. Da dieses Rohzinn noch stark von Eisen verunreinigt ist, wird das Zinn ganz gering über seinem Schmelzpunkt erhitzt. Hierbei schmilzt nur das Zinn und läuft auf einer schrägen Unterlage ab. Das Eisen bleibt in Form einer schwer schmelzbaren Legierung im Zinn zurück.

Zinn als Metall

Als Metall wird Zinn fast immer in Verbundung mit anderen Metallen, und zwar als schützender Überzug oder als Legierung, verwendet. Weißblech (verzinntes Eisenblech) wird bei der Verarbeitung von Kannen verwendet. 40% des gewonnenen Zinns findet hier Anwendung. Bei der modernen Herstellung von Weißblech wird in einem elektrolytischen Schnellverfahren eine 0,0001 Millimeter dicke Schicht Zinn auf Eisenblech aufgebracht. Trotz des dünnen Überzuges wird ein Schutz gegen Korrosion gewährleistet und die Lötbarkeit ermöglicht. Überzüge aus Zinn und Zinnlegierungen werden verwendet, um Waren herzustellen, die dekorativen Zwecken oder auch als Schutz gegen korrodierende Einflüsse dienen.

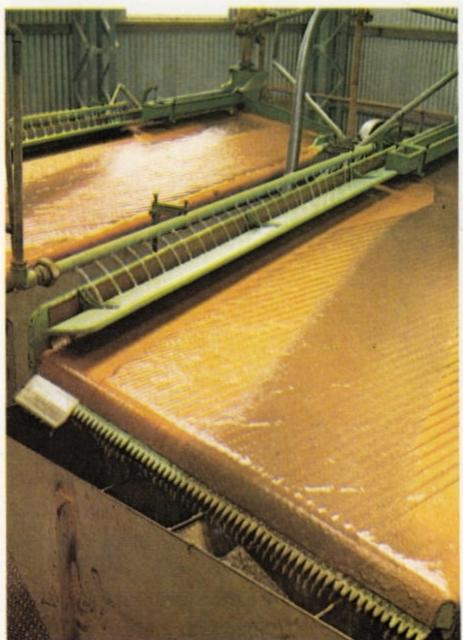
Lötmittel haben einen niedrigen Schmelzpunkt. Sie bestehen aus einer Legierung von Zinn und Blei (manchmal auch aus einem dritten und vierten Metall). Hartzinn ist eine weitere Legierung, die 92% Zinn, 6% Antimon und 2% Kupfer enthält. Die meisten Gleitlager enthalten im Gegensatz zu Rollenlagern Zinn. Diese sogenannten Lagermetalle unterscheiden sich in ihrem Anteil an Zinn. Man kennt Weißguß-Lagermetalle mit einem Anteil von 50% bis 90% Zinn, 7% bis 20% Antimon und einigen Prozent Kupfer- und Bleimetallen und Kupfer-Lagermetallen. Sie werden zur Herstellung hochwertiger Maschinen verwendet.

Neuere Anwendungen von Zinn sind das Legieren mit Gußeisen — ein Zusatz von nur 0,1% Zinn verbessert die Widerstandsfähigkeit und das Bearbeiten von Gußeisen —

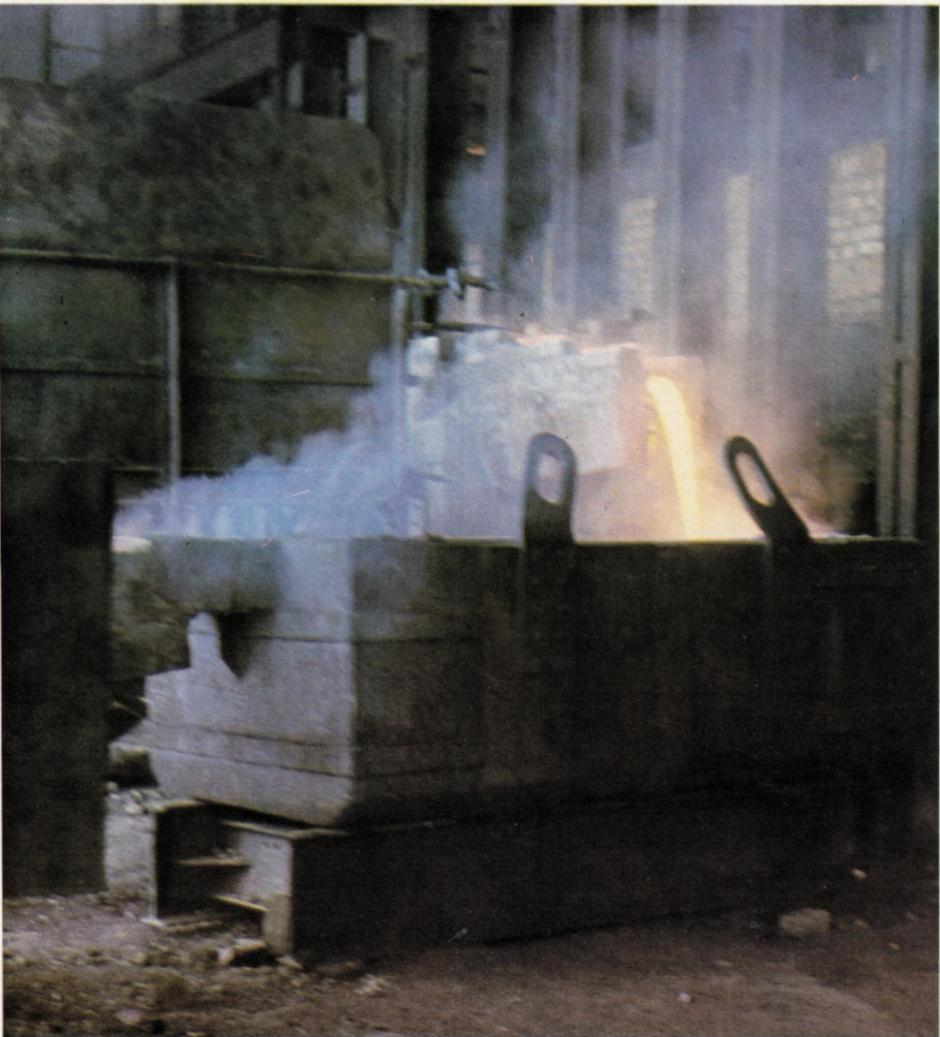


Rechts: Erhitzen von Zinnstein führt zur Loslösung verunreinigender Stoffe. Anschließend wird das Zinn über seinen Schmelzpunkt erhitzt und abgeschmolzen.

Unten: In einer Mine in Westaustralien wird hier Rohzinn (aus Erz) im Auschwemmungsprozeß gewonnen. Wasser fließt über einen geriffelten Tisch. Wenn das Erz mitgeschwemmt wird, werden die leichteren und schwereren verunreinigenden Stoffe voneinander getrennt.



PHOTOGRAPHIC LIBRARY OF AUSTRALIA



TIN INTERNATIONAL



Oben links: Zinn wird häufig als schützender Überzug oder Legierung verwendet. Hier wird eine Zinnschicht im elektrolytischen Schnellverfahren auf Eisenblech aufgebracht.

Oben: Weißblech in fertigen Rollen nach dem Elektrolyseverfahren, das fortlaufend am Band erfolgt.

Rechts: Zinnverbindungen werden oft als Härtemittel verwendet. Diese Glasflasche zum Beispiel ist mit einer Zinnlegierung überzogen. So kann sie einem Stoß von einem 0,5-kg-Gewicht widerstehen, auch wenn dieses aus einer Höhe von etwa 65 cm fällt.

sowie die Verwendung von Zinnpulver bei sowohl eisenhaltigen als auch nichteisenhaltigen Metallkeramiken.

Verbindungen

Anorganische Zinnverbindungen werden beim Galvanisieren verwendet. Zinnsulphat (SnSO_4) wird in sauren und Natriumstannat ($\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$) in basischen Galvanisierbädern verwendet.

Zinn(II)- und Zinn(IV)-Verbindungen unterscheiden sich in der Wertigkeit (siehe ATOME UND MOLEküLE) des Zinns. Man kennt daher vom Zinn zwei Chloride: Zinn(II)-chlorid (SnCl_2) und Zinn(IV)-chlorid (SnCl_4).

Zinnoxide werden als farbige und undurchsichtige Überzüge bei Keramiken und bei der Herstellung von Ohmschen Widerständen verwendet. Die Glasoberflächen von leichten Flaschen oder Gefäßen werden vielfach mit Zinnverbindungen überzogen, um sie haltbarer zu machen. Andere chemische Verbindungen von Zinn finden Anwendung in der Katalyse und als Härtemittel bei der Herstellung von Polymeren, insbesondere bei Moosgummi aus Urethan und bei Silicon-Kautschuk. Zinnfluorid (SnF_2) wird häufig Zahnpasten zugegeben.

Polyvinylchlorid (PVC) kann gegen Entfärbung und Sprödigkeit stabilisiert werden, indem man eine organische Zinnverbindung (z.B. eine Dioctyl-Zinn-Verbindung) zusetzt. Verbindungen, in denen ein Zinnatom mit drei Kohlenstoffatomen eine Verbindung eingeht, haben eine kräftige biologische Wirkung, weshalb sie als Fungizide zum Schutz von Holz und in fäulnisverhütenden Anstrichen verwendet werden. Organische Zinnverbindungen sind umweltfreundlich, da sie durch Wettereinflüsse in ungiftige, anorganische Zinnverbindungen umgewandelt werden.



ZUCKERRAFFINATION

Zucker steht in vielen verschiedenen Formen zur Verfügung. Es gibt Kristallzucker, Puderzucker, Zucker-glasur, flüssigen Zucker, Zuckersirup und farbigen Kristallzucker für den Kaffee. Und all diese Zuckerarten können durch Raffination aus dem gleichen Ausgangsmaterial hergestellt werden.

*Zucker wird aus Zuckerrohr und Zuckerrüben gewonnen.
Hier werden Zuckerrüben angeliefert und entladen.*



Zuckerrohr gab es in Neuguinea schon vor 12'000 Jahren. Es wurde etwa 3000 v.Chr. in Ägypten und in den Küstengländern des Mittelmeeres angebaut. Christoph Columbus, der Entdecker Amerikas, war der Schwiegersohn eines reichen Zuckerplantagenbesitzers aus Madeira. Er führte eine weiche, süße und dünnstenglige Zuckerrohrart, die als 'Criolla' bekannt war, im Jahre 1493 auf den Westindischen Inseln ein. Im Verlauf des 18. Jahrhunderts war in den Kolonien vieler europäischer Länder eine schnelle Entwicklung der Zuckerrohrplantagen zu verzeichnen. Dies war darauf zurückzuführen, daß die vom afrikanischen Kontinent geholten Sklaven billige Arbeitskräfte waren. Die jetzt verwendeten Zuckerrohrarten sind Hybride des *Saccharum officinarum*, *Saccharum robustum* und *Saccharum spontaneum*. Diese waren so gezüchtet worden, daß sie gegen die Mosaikkrankheit (die die Blätter befällt) resistent waren und hohe Erträge lieferten.

Die Zuckerrübenpflanze wurde vergleichsweise spät entdeckt. Sie hat ihren Ursprung in einem Unkraut, *Beta maritima*, das an den Mittelmeerküsten zu finden war. Die vor etwa hundert Jahren angebaute Sorte enthielt nur etwa 5 Gewichtsprozent Saccharose; die heute verwendeten Arten, wie z.B. *Beta vulgaris*, enthalten bis zu 20% Saccharose. Zuckerrüben werden in Gebieten mit gemäßigtem Klima angebaut, besonders in Europa. Zuckerrohr wird in wärmeren Gebieten, wie beispielsweise in Australien, im Süden der USA und auf den Westindischen Inseln, angebaut.

Chemischer Aufbau

Kristallzucker besteht zu mehr als 99% aus reiner Saccharose, die ein Disaccharid (siehe ORGANISCHE CHEMIE) mit der chemischen Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ ist. Sie kann in zwei andere Zuckerarten, Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker), umgewandelt werden. Dies geschieht durch den Zusatz eines Wassermoleküls. Dieser Hydrolyseprozeß wird 'Inversion' genannt. Er kann durch Erhitzen einer Saccharolösung mit einer verdünnten Säure oder durch die Einwirkung von Enzymen herbeigeführt werden. Glucose und Fructose, die dabei entstehen, nennt man 'Invertzucker'. Im Gegensatz zu Saccharose sind sie in der Lage, Kupfer in einer Fehlingschen Lösung (eine alakalische Lösung, die Rochellesalz (Kaliumnatriumtartrat) und Kupfer(II)-sulfat enthält) zu einem Niederschlag von Kupfer(I)-oxid (Cu_2O) zu reduzieren.

Die Zuckerrübe enthält in der Zeit der Reife praktisch nur



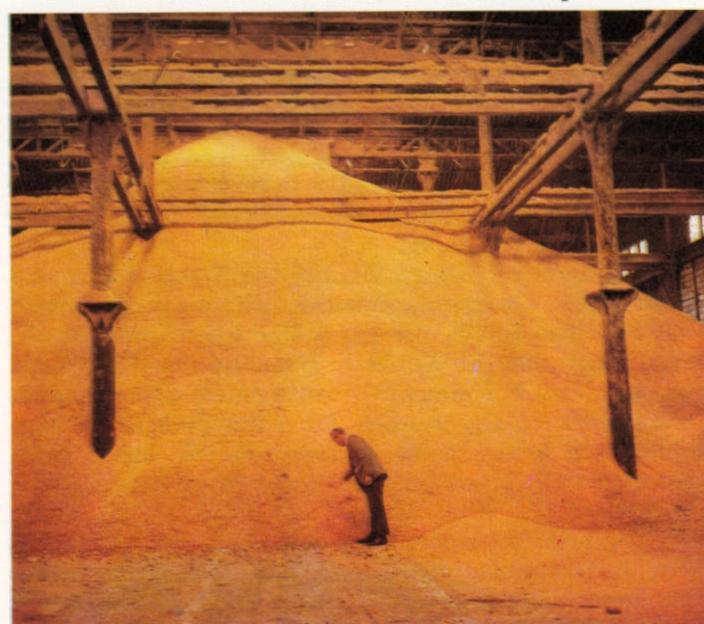
Oben: Das Abladen von Rohzucker von einem Schüttgutfrachter. Der Zucker wird aus den Westindischen Inseln und aus anderen zuckerproduzierenden Gebieten importiert.

Saccharose, Zuckerrohr hingegen kann beträchtliche Mengen Invertzucker enthalten. In der Zeit der Reife sind diese jedoch glücklicherweise nur minimal vorhanden.

Rohzuckererzeugung

Der Hauptunterschied zwischen der Erzeugung von Zucker aus Zuckerrohr und der aus Zuckerrüben besteht darin, daß die Zuckerrüben gleichförmiger und bis zu der Zeit, da sie die Rübenschneidemaschinen erreichen, fast völlig sauber sind. Die Herstellung von Zucker aus Zuckerrohr ist im Prinzip zwar ähnlich, aber es ist ein viel komplizierteres Verfahren erforderlich. Dieses Verfahren soll dazu verwendet werden, die Komplexität der Zuckerherstellung zu veranschaulichen.

Ein großer Teil des auf der ganzen Erde angebauten Zuckerrohrs wird geerntet, indem es von Hand abgeschnitten wird, nachdem die Blätter abgebrannt wurden. Aber auch maschinelle Möglichkeiten, wie z.B. das Abhauen der geköpften und entblätterten Pflanzen mit Hilfe eines Schubrechens und das Ernten mit einer Greifvorrichtung, werden immer mehr genutzt. Wenn das Zuckerrohr in den Rohzuckerfabriken ankommt, wird es auf Förderanlagen gewaschen, um Schlamm, Sand und Abfälle vom Feld zu entfernen. Das Zuckerrohr besteht etwa zu 90% aus Zuckersaft. Es war üblich, diesen mit Hilfe einer Kombination von Schnitzelmaschinen und Dreimalzenquetschmühlen, die den Saft herauspressen, zu gewinnen. Bei diesem Verfahren konnten 95% des Saftes gewonnen werden. Durch die Einführung von Diffusionsverfahren konnte dieser Ertrag jedoch auf mehr als 97% verbessert werden. In einer Anlage, die man Ringdiffuseur nennt, wird das Zuckerrohr erst vorbehandelt, indem es in Hammermühlen, die mit 1000 Umdrehungen pro Minute arbeiten, mit



Oben: Der aus frischem Rohr gewonnene Zucker wird in besonderen Rohzuckerhallen gelagert.

Stahlhämtern zerstoßen wird. Das zerschnitzelte Zuckerrohr wird zu einer ringförmigen, rotierenden Lochplatte des Diffuseurs geführt, wo der Zucker herausgeholt wird, indem wiederholt umlaufender Saft bei 71°C bis 75°C durch das Zuckerrohr sickert. Das ausgelaugte Zuckerrohr, das man auch Bagasse nennt, wird durch Förderschnecken aus dem Diffuseur entfernt und kann in der Dampferzeugungsanlage der Fabrik als Brennstoff verwendet werden. Der in der Dampferzeugungsanlage erzeugte Dampf wird zum Erhitzen des Zuckers und in einigen Fabriken zum Antrieb der Maschinen verwendet.

Ein großer Teil der Verunreinigungen des Rohsaftes (Diffusionssaftes) vom Zuckerrohr wird entfernt, indem eine Kalksuspension (Kalkmilch) zur Erreichung eines pH-Wertes von 8,5 hinzugegeben und der Saft auf etwa 104°C erhitzt wird, wobei diese Temperatur 20 Minuten lang aufrechterhalten wird. Säuren werden neutralisiert und die vorhandenen Phosphate koaguliert (verschmolzen); diese adsorbieren Farbstoffe und Kolloide (Schwebeteilchen), die anschließend durch etwa dreistündiges Absetzen in Klärtanks entfernt werden. Danach wird der geklärte Saft in einer Mehrstufen-Verdampfstation auf etwa 65 Gewichtsprozent Zucker konzentriert. Im ersten Verdampfer beträgt die Temperatur des Saftes etwa 109,5°C, und der Druck in den folgenden Verdampfern wird reduziert, so daß der Saft in dem vierten Verdampfer bei 67,5°C kocht. Der in jedem Verdampfer erzeugte Dampf wird in den Heizrohren des nächsten Verdampfers kondensiert, d.h. man geht sehr sparsam mit dem Dampf um.

Der konzentrierte Saft (Dicksaft) wird dann in Vakuumpfannen zu einer übersättigten (stark konzentrierten) Lösung verkocht. Die Kristallisation wird durch 'Impfen' mit Zucker und Sirup herbeigeführt, um ein Gemisch aus Zuckerkristallen und Kläre zu bilden, das insgesamt als Füllmasse bezeichnet wird. Die Füllmasse wird bei 71°C aus den Vakuumpfannen in wassergekühlte Kristallisierungsapparate geleitet, wo weitere Zuckerkristalle gebildet werden, indem die Temperatur über einen Zeitraum von 48 Stunden auf etwa 38°C gesenkt wird. Die Rohzuckerkrystalle werden durch erneutes Erhitzen der Füllmasse auf 50°C zur Verringerung der Viskosität abgetrennt. Danach folgt die Behandlung in Trommelzentrifugen, die mit 1500 Umdrehungen pro Minute arbeiten. Der aus der Füllmasse abezogene Restsirup ist eine dunkle, viskose Flüssigkeit. Man nennt sie 'Portweinsirup'. Sie wird bei der Herstellung von Rum, technischem Alkohol und Zitronensäure verwendet.

Raffination

Die erste Stufe bei der Rohzuckerraffination heißt Affination. Diese umfaßt das Entfernen des Melasseüberzugs, der die Kristalle bedeckt, indem man den Rohzucker in einem U-förmigen Bottich mit einem 75%igen Zuckersirup 'vermengt'. Der Sirup wird durch Zentrifugieren entfernt, und der raffinierte Zucker wird in reinem Wasser bei 88°C 'aufgelöst', wobei sich eine Konzentration von 66 Gewichtsprozent ergibt. Bis zu 50% der Farbstoffe können entfernt werden, wenn man die Raffinationsschmelze mit Phosphorsäure (H_3PO_4) entsprechend einer Menge gleich 0,01% P_2O_5 behandelt und den pH-Wert mit Kalk auf 7,3 einstellt. Nach dem Erhitzen auf 90°C tritt die Koagulation der Verunreinigungen ein, die dann durch Filtrieren oder Klären entfernt werden können. Eine abschließende Farbentfernung wird durch Adsorption in Schüttschichten aus Kohlenstoffkörnchen oder Aktivkohle (carbonisierte Knochenteilchen) herbeigeführt. Anschließend folgt eine Filtrierung, um die letzten Schwebestoffspuren zu entfernen.

Die wasserhelle Zuckerkläre wird in einem Zweistufenverdampfer auf 78% konzentriert, und die Kristallisation wird in der Vakuumpfanne durch weitere Verdampfung und durch Impfen mit Fondantzucker herbeigeführt. Der in den Zentri-



Oben: Eine Reihe von Filterpressen, die während der Zuckerraffination eingesetzt werden.

Oben rechts: Rohzucker wird mit Sirup vermischt, um die Zuckermaterie weicher zu machen.

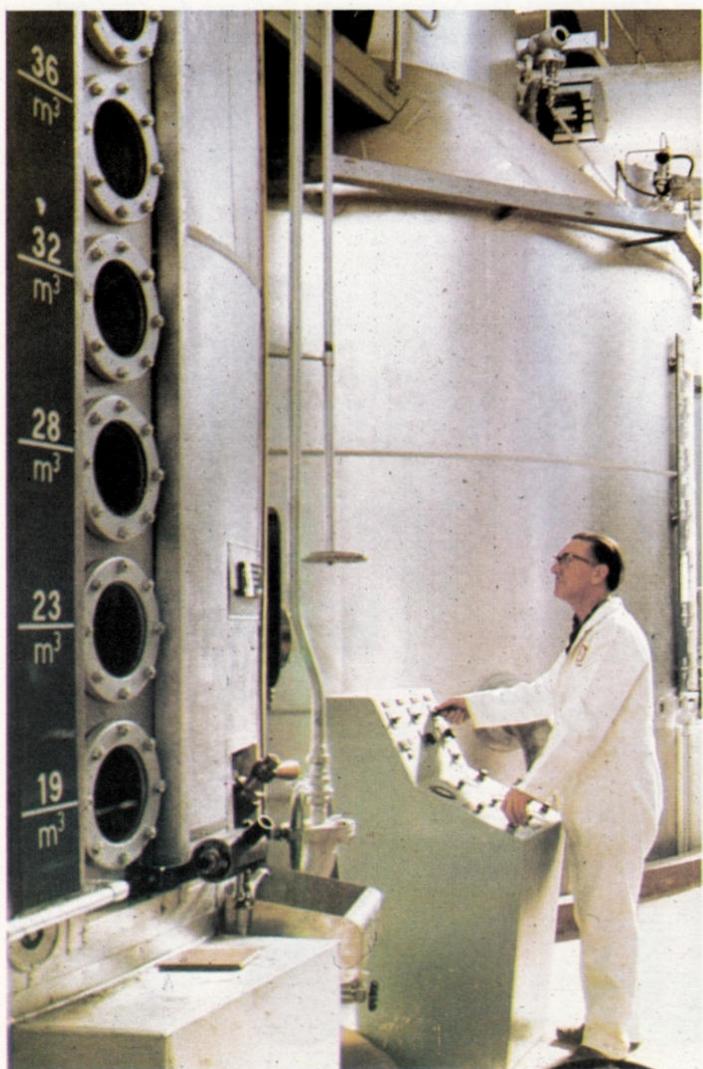
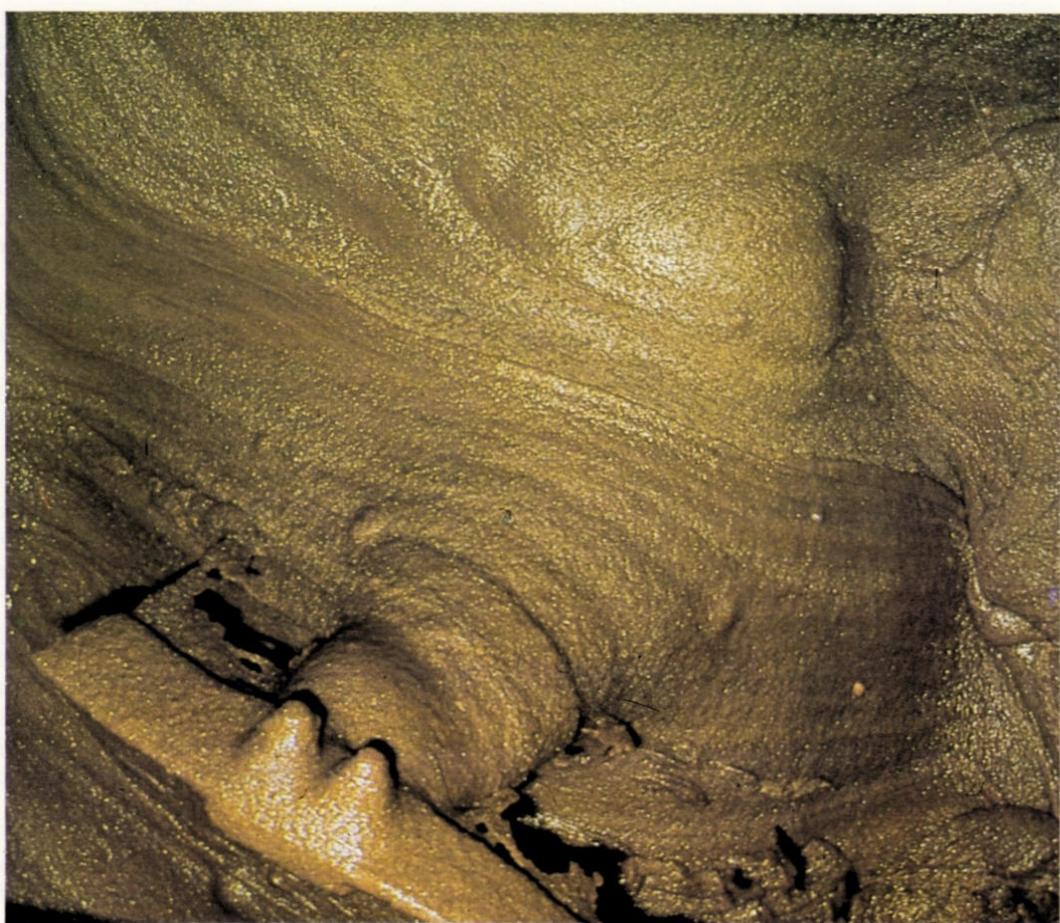
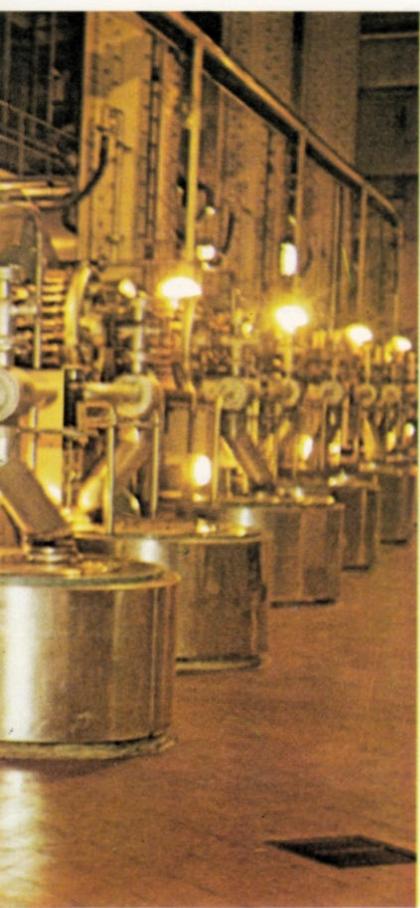
Rechts: Entnahme einer Probe aus einer Vakuumpfanne. In den Vakuumpfannen wird der konzentrierte Saft verkocht.

Ganz rechts: Klärtanks, in denen der Rohzuckersaft von Verunreinigungen befreit wird.

fugen gewonnene Zucker enthält etwa 2% Feuchtigkeit. Diese wird durch zehnminütiges Trocknen in einer 9 m langen Trockentrommel mit einer Luftteintrittstemperatur von 104°C entfernt. Nach dem Abkühlen auf 43°C wird der Zucker in Silos transportiert, wo eine relative Luftfeuchtigkeit von etwa 60% aufrechterhalten wird, um eine erneute Adsorption von Feuchtigkeit zu vermeiden.

Würfelzucker wird durch Mischen von Trockenzucker und 1% Zuckersirup hergestellt. Das Gemisch wird in die Formen eines Zylinders gefüllt, der gegen eine feststehende Druckstange rotiert, um die Würfel zu komprimieren. Die Würfel werden auf eine Förderanlage entladen und in einem Ofen bei 60°C getrocknet. Die weichen Arten des Zuckers variieren farblich von hellbraun bis dunkelbraun. Sie haben einen Invertzuckergehalt von bis zu 6% und einen Feuchtigkeitsgehalt von 4%.

Flüssigzucker kann ein Sirup aus reiner Saccharose mit einer Konzentration von 67,5% oder ein Gemisch aus Saccharose und Invertzucker sein. Einige Flüssigzucker werden mit Stärkesirup aus Mais vermischt. Puderzucker, wie beispielsweise Zucker für Zuckerglasuren, wird durch Mahlen von Kristallzucker hergestellt. Weil Puderzucker oft Klumpen bildet, mischt man ihm häufig 3% Maisstärke bei.



ZÜNDANLAGE FÜR KRAFTFAHRZEUGE

Ein Verbrennungsmotor arbeitet nicht, wenn das Kraftstoff/Luft-Gemisch nicht gezündet wird. In einem Kraftwagen wird die zur Einleitung der Verbrennung erforderliche Energie von der Zündanlage bereitgestellt.

Im Gegensatz zum **DIESELMOTOR**, bei dem der in den Zylindern befindliche Kraftstoff durch die hohen Temperaturen der von den Kolben verdichteten Luft gezündet wird, dient beim Ottomotor ein elektrischer Hochspannungsfunkens zur Zündung des Kraftstoff/Luft-Gemisches. In Anwendungsbereichen, in denen, wie bei einigen Motorräder, Notstromaggregaten und Flugzeugen, eine vollständige Unabhängigkeit von anderen elektrischen Anlagen erforderlich ist, wird der zur Bildung des Zündfunkens erforderliche Strom in der Regel von einem Magnetzünder erzeugt. Bei einem Kraftwagen jedoch ist eine **BATTERIE** zur Erzeugung einer ausreichenden Stromversorgung für die weitere elektrische Ausrüstung erforderlich, und demzufolge wird eine Batteriezündanlage eingesetzt.

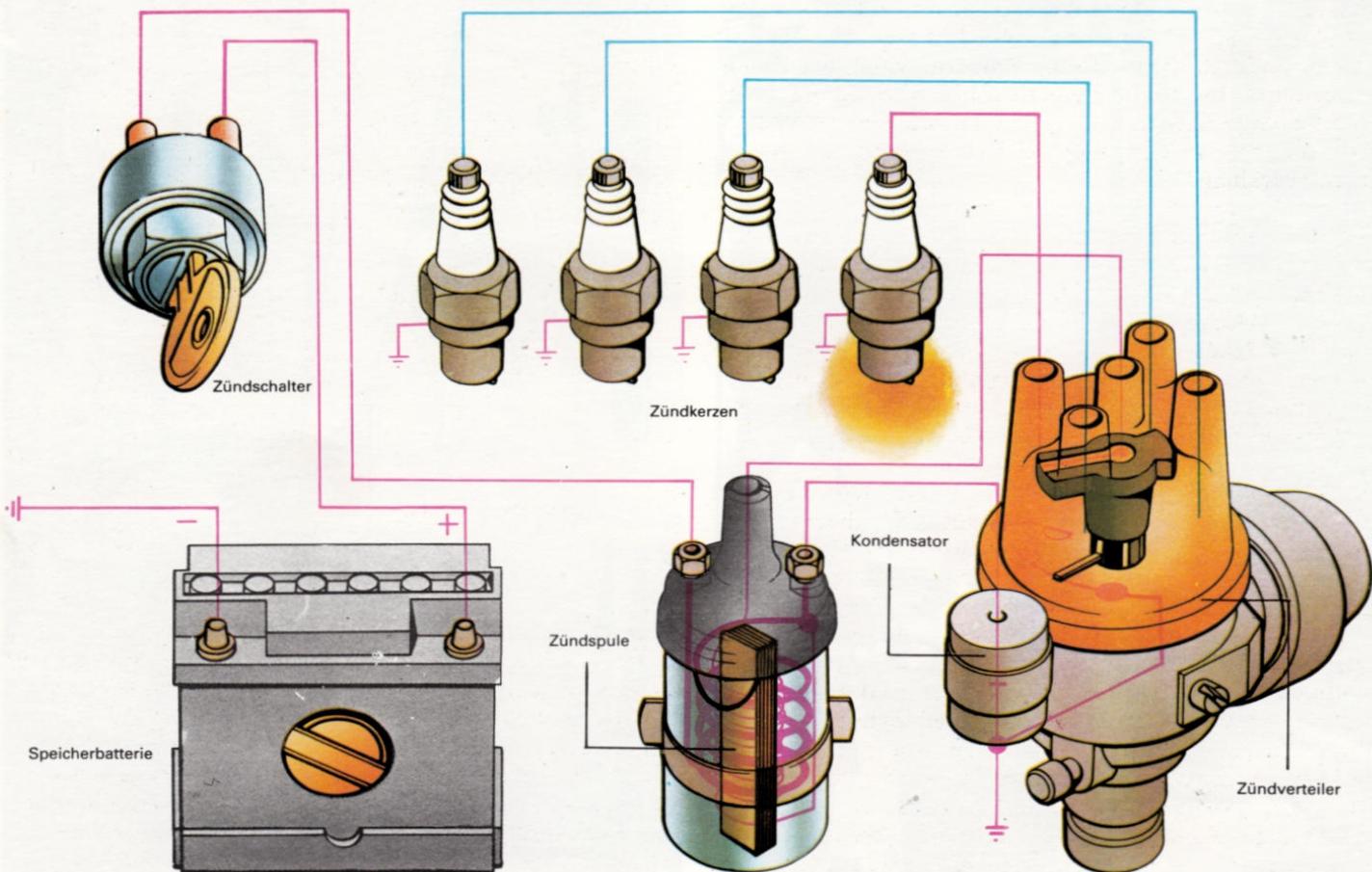
Bei einer ganzen Reihe früherer Motoren wurde die Zündung durch ein Glührohr eingeleitet (Glührohrzündung). Es handelte sich hierbei um ein in den Zylinder hineingeschraubtes (in der Regel aus Platin hergestelltes) Metallrohr, das durch eine von außen angesetzte Flamme bis zur Rotglut erhitzt wurde. Das äußere Ende des Rohres war verschlossen. Während nun der Kolben den Verdichtungshub durchführte, wurde ein Teil des Kraftstoff/Luft-Gemisches in das Glührohr hineingepräst und gezündet. Die nun aus dem Rohr herauschlagende Flamme verbreitete sich im Verbrennungsraum und zündete das übrige Gemisch.

Einwandfrei arbeitende elektrische Zündanlagen wurden um 1890 von verschiedenen Kraftfahrzeugherrstellern, zu denen auch Benz und de Dion-Bouton gehörten, erstmalig entwickelt. Diese ersten Anlagen arbeiteten im wesentlichen nach den gleichen Grundsätzen wie moderne Batteriezündanlagen und bestanden aus Batterie, Zündunterbrecher, Zündspule und Zündkerzen. Die Entwicklung von Transistoren und Thyristoren während der fünfziger Jahre führte zur Aufnahme von Halbleiter-Zündanlagen, bei denen elektronische Schaltvorrichtungen zur Steuerung der von der Zündspule abgebenden Leistung benutzt werden.

Herkömmliche Zündanlagen

Die Welle des Zündverteilers, der aus Unterbrecherkontakte, Kondensator, Verteilerläufer, Verteilerdeckel und Zündverteiler besteht, wird über einen entsprechenden Antrieb mit halber Kurbelwellen-Drehzahl betrieben. Der Zündverteiler ist so eingestellt, daß sich die Unterbrecherkontakte in dem Augenblick öffnen, in dem der Kolben die höchste Stelle des Verdichtungshubes, d.h. den oberen Totpunkt, erreicht. In dieser Stellung befindet sich die Elektrode des am oberen Ende der Verteilerwelle angebrachten Verteilerläufers gegenüber einer im Verteilerdeckel angebrachten Festelektrode. Diese Elektrode steht über ein dick isoliertes Hochspannungskabel mit der Zündkerze des Zylinders, in der das verdichtete Gemisch gezündet werden muß, in Verbindung.

Eine Batteriezündanlage für einen Vierzylinder-Motor. Der Primärstrom fließt von der Batterie über den Zündschalter zur Zündspule und von der Zündspule durch den Zündverteiler an Masse (Erde). Der Sekundärstrom fließt von der Zündspule durch den Verteilerläufer und die Hochspannungskabel und kehrt durch eine der Zündkerzen nach Erzeugung des Zündfunkens an Masse zurück.





Oben: Blick auf die Unterseite eines Magnetzünders mit den Unterbrecherkontakte und dem Kondensator.

Der Niederspannungs-Stromkreis der Zündanlage wird über den Zündschalter mit Batteriestrom versorgt. Bei geschlossenen Unterbrecherkontakten fließt ein Strom von 3 A oder 4 A durch die Primärwicklung der Zündspule (eine Zündspule besteht in der Hauptsache aus einem lamellierten, d.h. aus mehreren dünnen Schichten hergestellten Eisenkern, um den die aus sehr vielen Windungen sehr dünnen Kupferdrahtes bestehende Sekundärwicklung und die aus wenigen Windungen dicken Kupferdrahtes bestehende Primärwicklung gelegt sind) und erzeugt im Eisenkern der Zündspule ein Magnetfeld.

Während sich die Verteilerwelle dreht, öffnet der als Bestandteile der Welle umlaufende Nocken die Unterbrecherkontakte, wodurch die durch die Primärwicklung der Zündspule geführte Stromzufuhr unterbrochen wird. In der Folge bricht das Magnetfeld zusammen und bewirkt eine INDUKTION einer sehr hohen Spannung (bis zu 30 000 V) in der Sekundärwicklung.

Das mit der induzierten Sekundärspannung in Verbindung stehende Magnetfeld induziert seinerseits eine bis zu 500 V erreichende Spannung in der Primärwicklung. Diese Selbstinduktionsspannung ist so hoch (250 V bis 500 V), daß ohne besondere Maßnahmen ein Lichtbogen entsteht, der den Luftspalt zwischen den beiden Unterbrecherkontakten überspringt und eine teilweise Verbrennung der Kontakte bewirkt, ehe er abreißt. Dadurch kann das Magnetfeld nicht rasch genug abgebaut werden, und die in der Sekundärwicklung erzeugte Zündspannung wird nicht hoch genug. Um eine hohe Zündspannung zu erhalten, muß beim Unterbrechen des Primärstromes die Entstehung eines Lichtbogens verhindert werden. Dies geschieht mit Hilfe des KONDENSATORS.

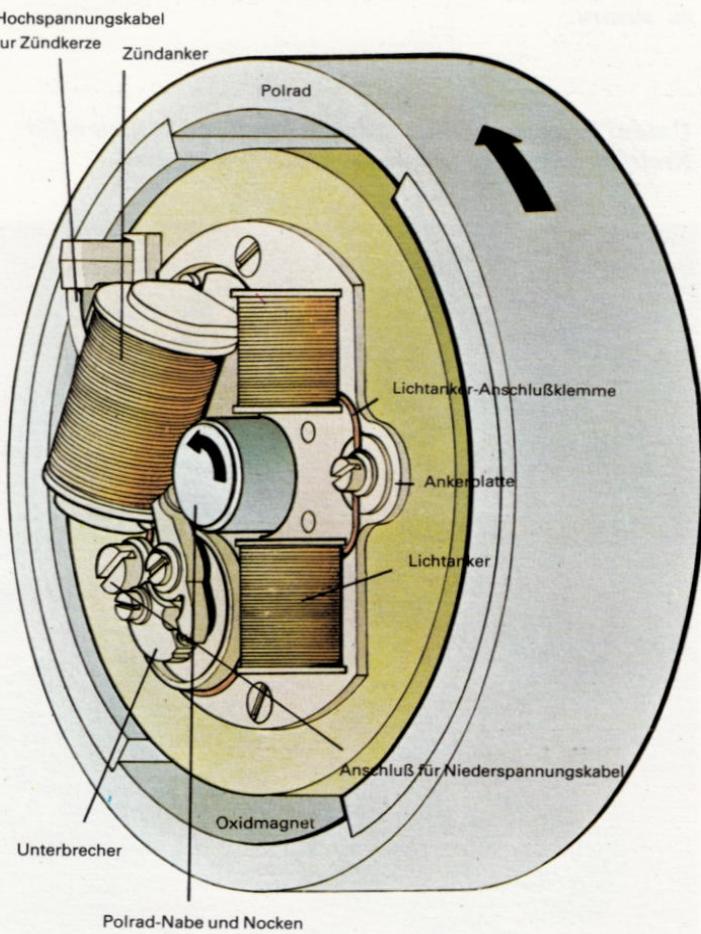
Die induzierte Hochspannung fließt durch ein Hochspannungskabel zum mittleren Kontakt des Zündverteilers, von dort über eine federnde Schleifkohle weiter durch die Verteiler-Elektrode des Verteilerläufers und wird von dort zur Festelektrode der für den nächsten Zündvorgang bestimmten Zündkerze weitergeleitet. Ist die an der Zündkerze herrschende Spannung hoch genug, wird das zwischen den Zündkerzen-Elektroden befindliche Kraftstoff/Luft-Gemisch ionisiert und die in der Zündspule gespeicherte Energie in Form eines den Elektrodenabstand überspringenden Funken zur Zündung des im Verbrennungsraum befindlichen Gemisches freigesetzt.

Elektronische Zündung

Die Aufgaben des Unterbrechers und des Verteilernockens können auch elektronisch durchgeführt werden, wodurch eine genauere Einhaltung des Zündzeitpunktes, eine gesteigerte Funkenintensität, höhere Betriebsgeschwindigkeiten und eine längere Lebensdauer zu erreichen sind. Der Unterbrecher erfüllt zwei Aufgaben: Er unterbricht den Primärstrom der Zündspule und gibt somit den Zündfunken zum jeweils richtigen Zündzeitpunkt frei (z.B. in Abständen von 90° bei Vierzylinder-Motoren).

Zur Erzielung dieser beiden Funktionen sind zwei getrennte elektronische Stromkreise erforderlich. Das Unterbrechen des Stromkreises erfolgt durch einen (Hochspannungs)-Leistungstransistor, während die Steuerung des Zündzeitpunktes durch einen Steuergenerator (Sensor, der die jeweilige Stellung der Verteilerwelle durch 'Abtasten' ermittelt) bewirkt wird. Der vom Steuergenerator abgegebene Impuls wird nach entsprechender Umwandlung und Verstärkung zum Ein- und Ausschalten des Leistungstransistors benutzt.

Es gibt eine große Vielzahl solcher Sensoren zur Ermittlung der jeweiligen Verteilerwellen-Stellung (Steuergeneratoren),



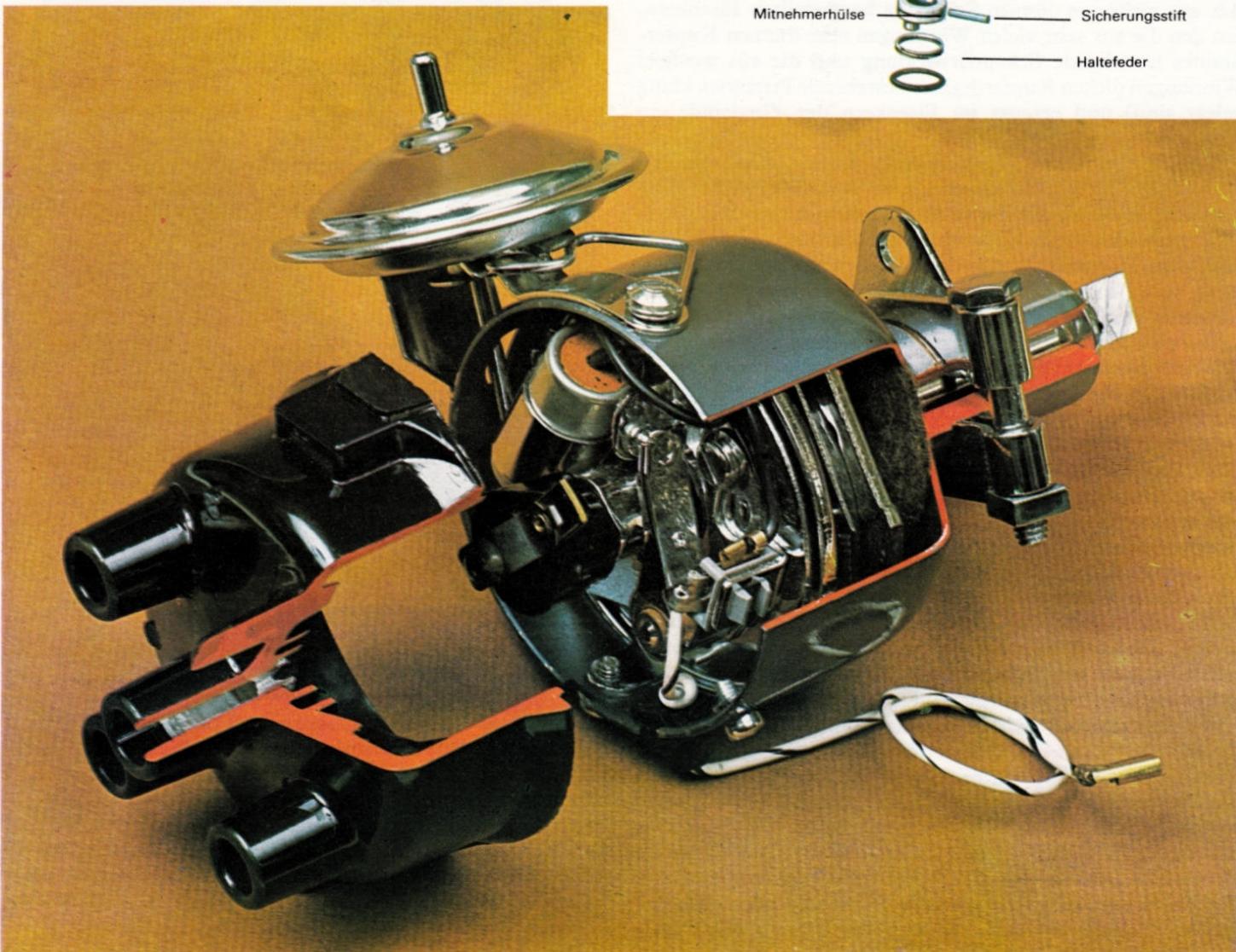
Oben: Der für Leichtmotorräder benutzte Schwung-Lichtmagnetzünder erzeugt Elektrizität sowohl für Zündungs- als auch für Beleuchtungszwecke. Das Außenläufer-Polrad ist mit Oxidmagneten versehen und dient gleichzeitig als Schwungrad. Die Anker sind fest mit der Ankerplatte verschraubt. Wenn sich das Schwungrad dreht, induzieren die Magneten Strom in den Ankern. Der Primärstromkreis des Zündankers wird durch einen Unterbrecher kontakt-Satz, der wiederum durch einen auf der Nabe des Polrades angesetzten Nocken bewegt wird, geöffnet und geschlossen.

die bei der Konstruktion von Zündanlagen eingesetzt werden. Hierzu gehören auch lichtelektrische Vorrichtungen, in denen ein auf eine fotoelektrische Zelle gebündelter Lichtstrahl durch eine Blende unterbrochen wird, und zahlreiche magnetische Steuergenerator-Typen. Bei einer typischen Transistor-Zündanlage wird der Verteilernocken durch einen Weicheisen-Induktionsgeber (Impulsgeber) ersetzt, d.h. ein dem Nocken ähnliches Gebilde, das jedoch mehrere scharf ausgeprägte 'Zacken', und zwar einen pro Zylinder, trägt. Dieser Impulsgeber läuft mit seinen Zacken in einem Abstand von 0,5 mm an einem feststehenden Magnetpol vorbei und bewirkt eine Verstärkung bzw. eine Abschwächung des Magnetfeldes in diesem Magnetpol, wodurch eine schwache Steuerstrom-Spannung zwischen den Klemmen der Detektorwicklung erzeugt wird.

Die Übertragungsschwingungen (Signalwellen) ändern sich fast proportional zur Motor-Drehzahl, wobei sich die Form ihrer Wellen ebenfalls ändern kann. Die Stelle, an der die

Rechts: Typischer Bosch-Zündverteiler, dessen Aufgabe darin besteht, die Zündstrom-Stöße zu den einzelnen Zündkerzen in der richtigen Reihenfolge und zum genau richtigen Zeitpunkt zu steuern.

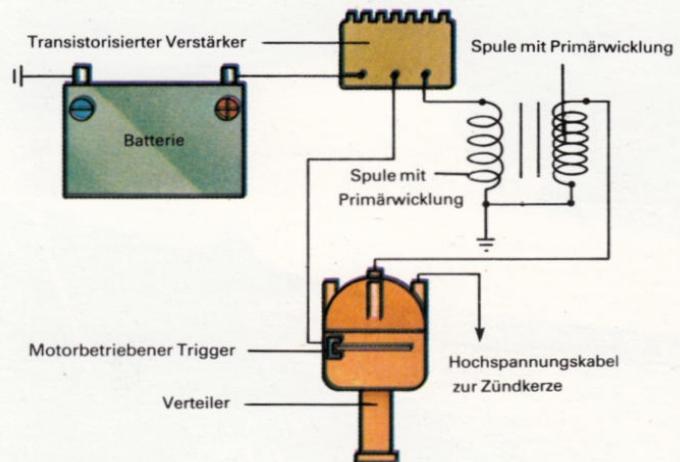
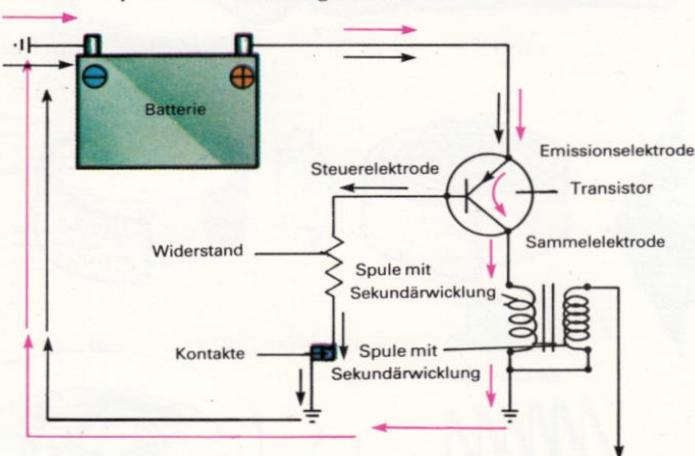
Unten: Innenansicht eines modernen Zündverteilers, wie er für Kraftfahrzeuge mit Vierzylinder-Motor benutzt wird.



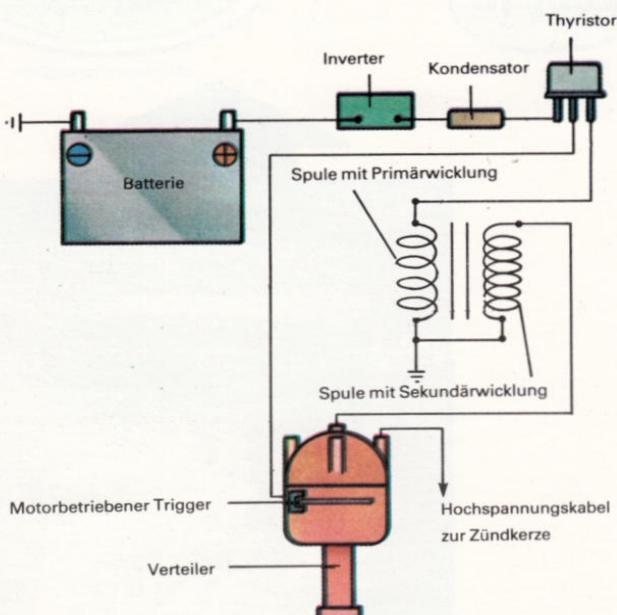


Oben: Der T4-Ferrari-Rennwagen der Formel 1.

BERNARD PAUILLON



Oben: Vereinfachte Schemazeichnung einer Transistor-Zündanlage.



Vereinfachte Kondensator-Entladungsanlage mit motorbetriebem Trigger. Der Kondensator sendet einen extrem kurzen, aber hochintensiven Stromimpuls durch die Zündspule.

Voll elektronische (“unterbrechungsfreie”) Zündanlage. Ein Trigger im Verteiler ersetzt die Unterbrecherkontakte, schickt einen Impuls zum Verstärker und Strom fließt in die Zündspule.

Signalwellenform zur Steuerung des Zündzeitpunktes am beständigen erscheint, ist die Stelle, an der die Welle den zwischen der positiven und der negativen Seite liegenden Nullpunkt schneidet. Der Stromeingang des elektronischen Steuerungsteiles enthält demzufolge einen beträchtlichen Verstärkungsgrad und die Möglichkeit einer Festlegung des Übertrittspunktes. Ist der Übertrittspunkt festgestellt, erzeugt das elektronische Steuerungsteil eine zweite, normalerweise rechteckige Welle, die nach einer gewissen Stromverstärkung zum Schalten des den Primärstromkreis der Zündspule steuernden Leistungstransistors benutzt werden kann.

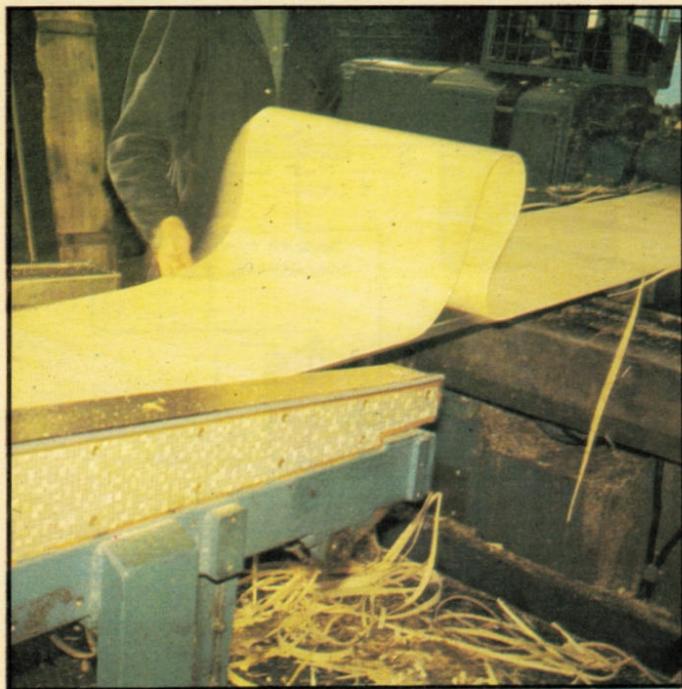
Der Leistungstransistor arbeitet auf ähnliche Weise wie ein Unterbrecher. Wird er durch den Steuergenerator eingeschaltet, läßt er Batteriestrom durch die Primärwicklung der Zündspule fließen. Und wenn eine Zacke des Impulsgebers an den Ständerzacken vorbeigleitet, wird der Leistungstransistor ausgeschaltet, wodurch der Primärstrom unterbrochen und die Induktion einer Spannung in der Sekundärwicklung bewirkt wird. Die induzierte Hochspannung wird dann auf die gleiche Weise wie bei einem mit Nocken und Verteilerläufer arbeitenden Zündverteiler zu der jeweiligen Zündkerze geleitet. Nachdem man im Jahre 1960 mit dem Einbau elektronischer Zündanlagen in Rennwagen der Formel 1 und 2 begann, werden sie seit den siebziger Jahren in immer stärkerem Maße auch für Serienkraftwagen verwendet.

ZÜNDHOLZHERSTELLUNG

Der englische Philosoph Herbert Spencer (1820 bis 1903) beschrieb die Erfindung des Streichholzes als 'größten Segen, der der Menschheit im 19. Jahrhundert zuteil wurde'.

Methoden zur Erzeugung von Feuer durch spontane chemische Reaktion waren zwar schon seit der Gewinnung von farblosem Phosphor in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts bekannt, aber Streichhölzer wurden erst im Jahre 1872 von John Walker in England fabrikmäßig hergestellt. Walkers Streichhölzer waren 'Überallzünder'. Sie wurden aus Kaliumchlorat ($KClO_3$), Antimonsulfid (Sb_2S_3) und Gummiarabikum hergestellt. Sie waren jedoch etwas unzuverlässig, und es war schwierig, sie anzuzünden. Später und bis zum Ende des 19. Jahrhunderts enthielten die Alleszünder fast ausnahmslos weißen Phosphor. Durch das häufige Vorkommen der 'Phosphornekrose des Unterkiefers' — einer besonders

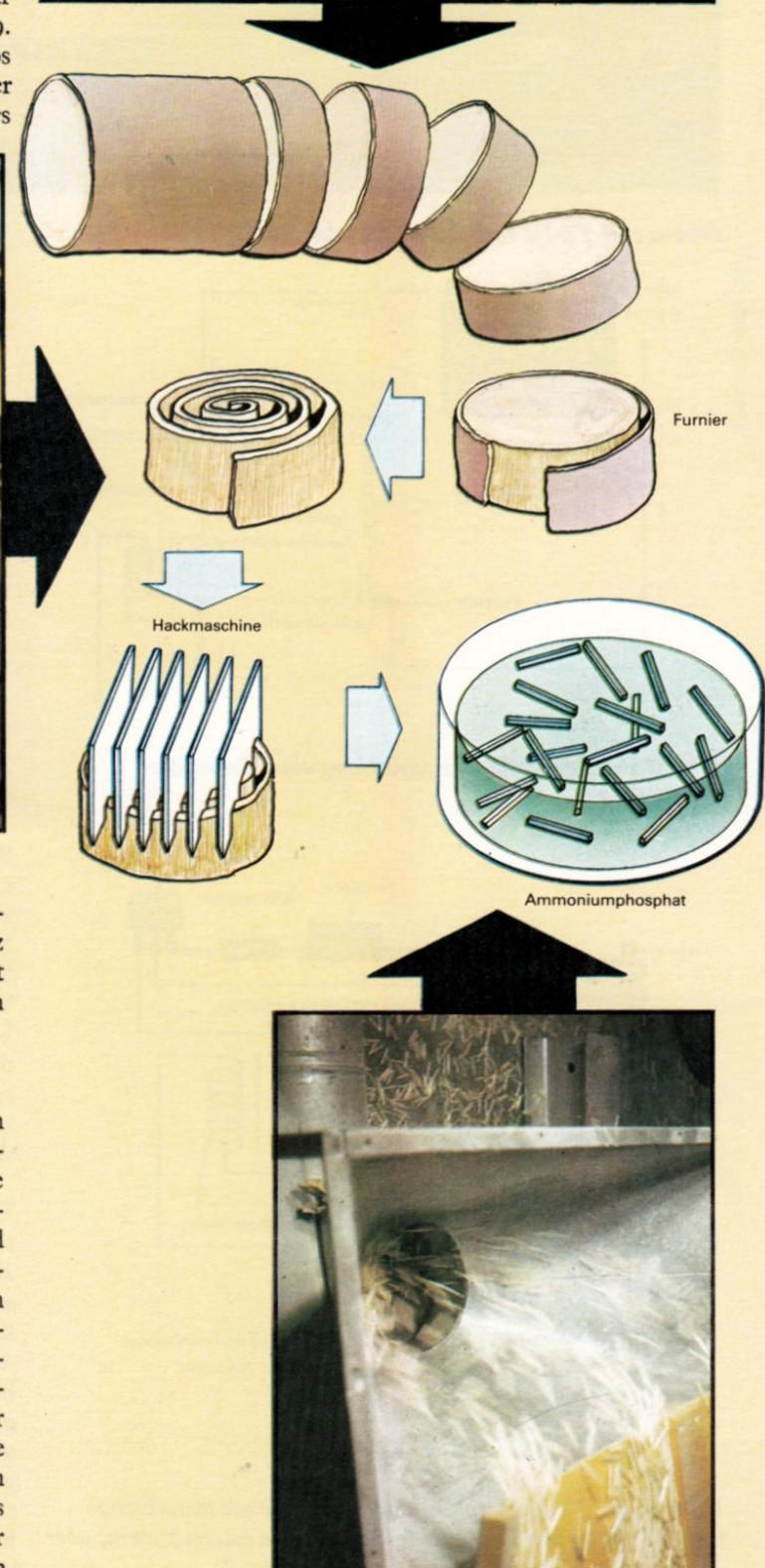
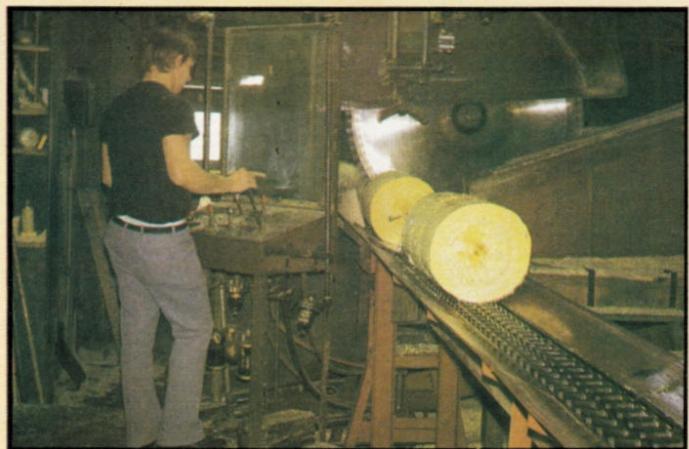
WILKINSON MATCH



gräßlichen Berufskrankheit — unter den Arbeitern in Zündholzfabriken war es unumgänglich geworden, einen Ersatz für diese Substanz zu finden. Seit der Jahrhundertwende hat dann Phosphorsquisulfid (P_4S_3) die Stelle von farblosem Phosphor in Alleszündern eingenommen.

Das Sicherheitszündholz

In den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts entdeckte man eine viel weniger reaktionsfähige Form oder allotrope Modifikation des Phosphors, die man roten Phosphor nannte. Diese Substanz ermöglichte die Herstellung von Sicherheitszündhölzern, die sich nur bei Reibung an einer entsprechend hergestellten Reibfläche entzünden. Die Reibfläche für Sicherheitszündhölzer enthält roten Phosphor, der mit Hilfe von Gummiarabikum, Harnstoff-Formaldehyd oder anderen wirksamen Klebstoffen an der Seite der Streichholzsachet festigt ist. Das in der Zündkopfmasse enthaltene Kaliumchlorat wird beim Reiben des Streichholzes mit dem Phosphor an der Streichholzsachet in Berührung gebracht. Durch die dabei ausgelöste chemische Reaktion wird genügend örtlich begrenzte Wärme erzeugt, um das Anzünden des Streichholzes herbeizuführen. Sicherheitszündhölzer enthalten außer Kaliumchlorat noch Schwefel, mit dem ersteres eine Reaktion



eingeht, und Streckmittel, wie z.B. Glaspulver und Eisenoxid (Fe_2O_3), die inert sind und so die Brenngeschwindigkeit steuern. Auch ein Bindemittel ist erforderlich. Dies ist gewöhnlich Tierleim, der die Bestandteile zusammenhält und sie an der Kuppe des Zündholzes festklebt.

Alleszünder enthalten Phosphorsesquisulfid, das reaktionsfähiger ist als Schwefel. Folglich ist das Reiben an einer rauen Oberfläche ausreichend, um eine Reaktion zwischen dieser Substanz und Kaliumchlorat hervorzurufen, was ein Anzünden der Streichhölzer bewirkt.

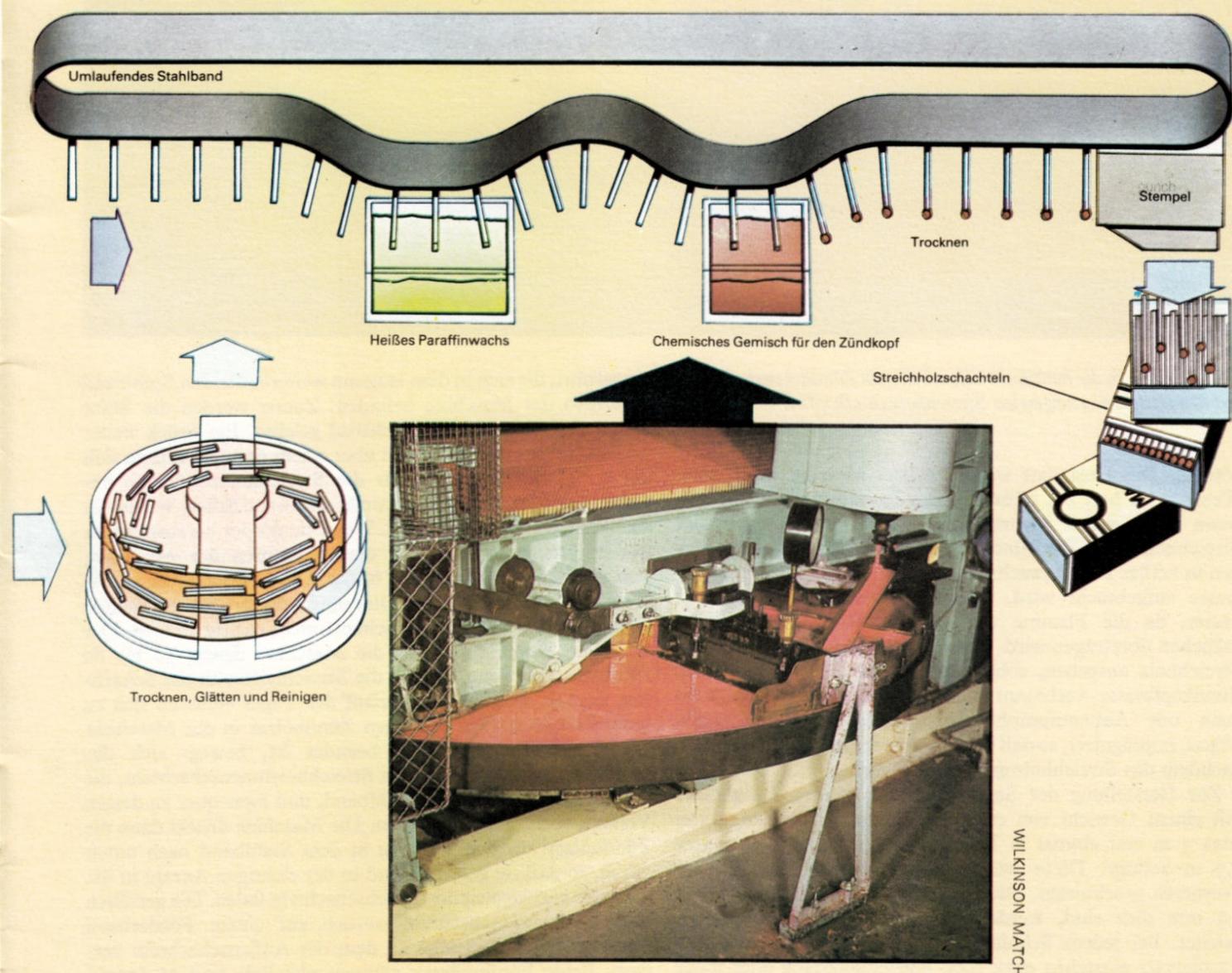
Farbige Zündhölzer, ganz gleich ob Sicherheitszündhölzer oder Alleszünder, werden durch Zusatz von Farbstoffen hergestellt. In diesen Fällen verzichtet man auf farbstarke

Bestandteile, wie z.B. Eisenoxid und Mangandioxid (Braunstein, MnO_2), und ersetzt diese durch eine farblose Substanz, und zwar normalerweise durch Zinkoxid (ZnO).

Das Streichholzstäbchen

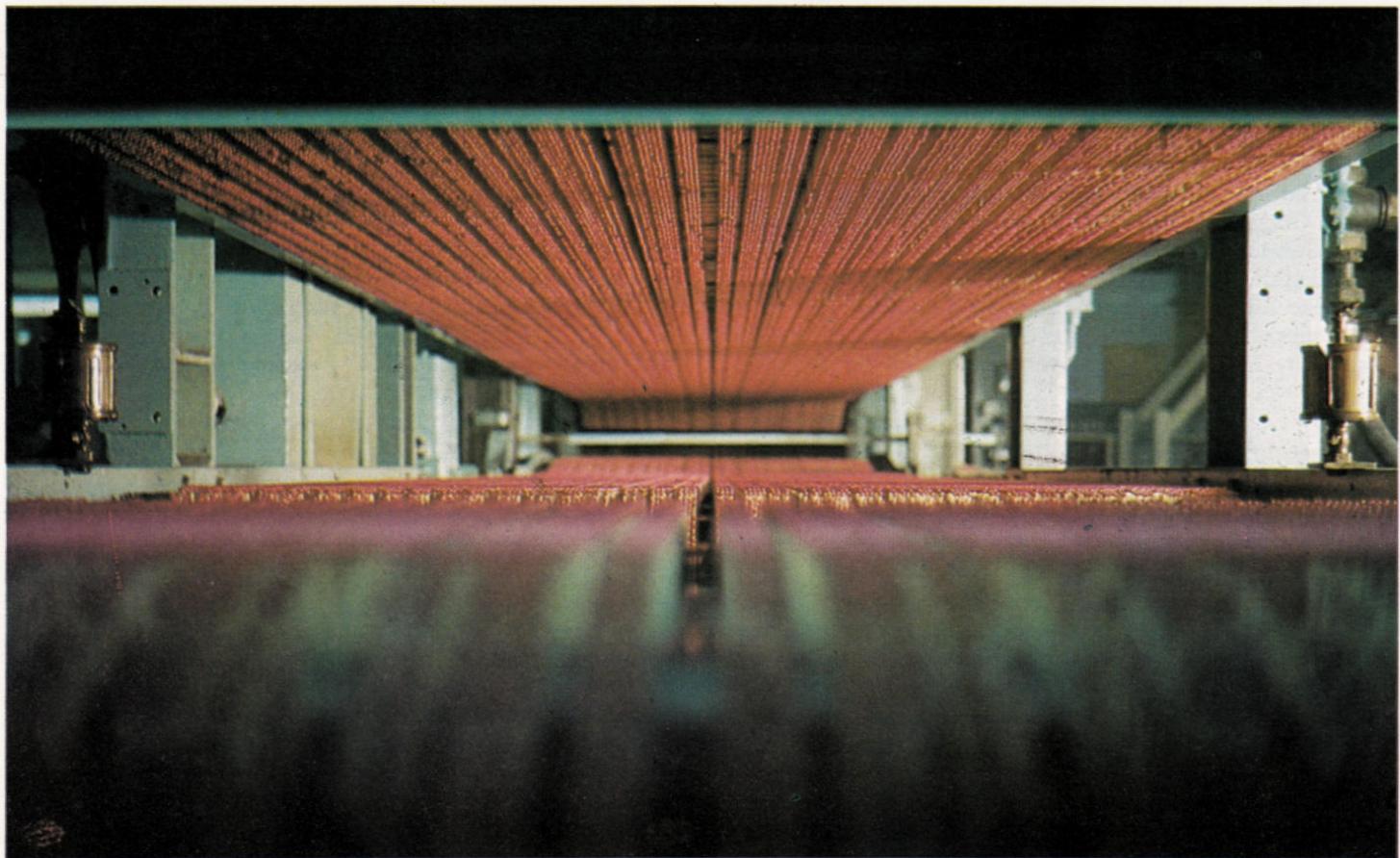
Nach den verschiedenen Chemikalien ist Holz sicher das wichtigste Material, das bei der Zündholzherstellung verwendet wird. Es können jedoch auch mehrere andere Materialien für das Stäbchen des Streichholzes verwendet werden, u.a. mit Wachs überzogenes Baumwollgarn, Papier und Pappe. Das Holz, das für die Streichholzherstellung genutzt wird, sollte weiß und geruchlos, geradlinig gemasert, leicht zu bearbeiten und ausreichend porös sein, um Paraffinwachs aufnehmen zu

OSBORNE/MARKS



WILKINSON MATCH

Zur Herstellung der Streichholzstäbchen werden Langhölzer in Klötze zerschnitten, die Rinde wird entfernt, und die Klötze werden in einer Schälmaschine zu Furnieren und diese in Späne geschnitten und mit Ammoniumphosphat, einem feuerhemmenden Mittel, imprägniert. Die Späne werden in einer Rotationstrommel getrocknet, geglättet und gereinigt und dann an einem Stahlförderband befestigt. Die Kuppen werden erst in Paraffinwachs und dann in die Zündkopfmasse getaucht. Nach deren Trocknen werden die Streichhölzer in Schachteln gepackt.



Oben: Blick in die kontinuierlich arbeitende Zündholzmaschine, mit den nach unten zeigenden Streichholzzündköpfen.

können. Das Holz darf weder zu hart noch zu weich sein. Wenn es zu hart ist, nimmt es das Paraffinwachs nicht auf, wenn es zu weich ist, verbiegt es sich. Die Kuppen der Streichhölzer, die die Zündkopfmasse aufnehmen sollen, werden in heißes Paraffinwachs eingetaucht, bevor die Zündkopfmasse aufgebracht wird. Dadurch brennt das Streichholz besser, da die Flamme von der Zündkopfmasse auf das Stäbchen übertragen wird. Ohne das Paraffinwachs würde das Streichholz ausgehen, sobald die brennbaren Stoffe in der Zündkopfmasse verbrannt sind. Der Streichholzstab wird auch mit Ammoniumphosphat, einem feuerhemmenden Mittel, imprägniert, so daß er nicht weiter glimmt und schwelt, nachdem das Streichholz ausgelöscht wurde.

Zur Herstellung der Streichholzstäbe werden Langhölzer mit einem Gewicht von etwa 125 kg und einer Länge von etwa 3 m erst einmal in Klötze mit einer Länge von etwa 0,5 m zersägt. Diese werden in einer Schälmaschine zu Furnieren geschnitten. Die langen Furnierstreifen, die etwa 2,3 mm dick sind, werden dann zu den Hackmaschinen geleitet. Bei jedem Schnitt der Hackmaschine durch einen Furniersatz entstehen etwa 1000 Streichholzstäbe oder mehr als eine Million in weniger als fünf Minuten. Die Stäbe werden dann mit Ammoniumphosphat imprägniert und in Rotationstrommeln getrocknet, geglättet und gereinigt. Zum Schluß werden sie durch Stahlrohre in die Zündholzmaschinen gedrückt.

Die kontinuierlich arbeitende Zündholzmaschine

Eine solche Maschine braucht von nur acht Personen bedient zu werden und kann pro Tag etwa 20 Millionen Streichhölzer herstellen und in Schachteln verpacken. Die Stäbe werden automatisch in Löcher von geeigneter Größe und Anordnung

eingeführt, die sich in dem langsam weiterlaufenden Stahlband innerhalb der Maschine befinden. Zuerst werden die Stäbe durch ein heißes Paraffinwachsbad geleitet. Ein Stück weiter entfernt stoppt das Stahlband über einem Bereich, in dem sich die chemische Mischung für die Streichholzzündköpfe befindet. Die Zündholzstäbe, jeweils etwa 6000 Stück, werden in das flüssige Gemisch gesenkt. Wenn sie wieder herausgezogen werden, ist jeder Stab mit einem Tropfen der Mischung versehen, die den Zündkopf bildet. Die nächste Stufe ist das Trocknen des Zündkopfes. Dies muß sehr langsam vorstatten gehen, sonst würde das Streichholz nicht richtig zünden. Der langsame Durchlauf durch die Maschine dauert 50 bis 60 Minuten. Erst dann können die Streichhölzer in die Schachteln gepackt werden. Im Verlauf des Tages befinden sich zu jeder Zeit etwa zwei Millionen Zündhölzer in der Maschine. Wenn der Trockenprozeß beendet ist, bewegt sich das Stahlband nach unten zu den Streichholzinnenschachteln, die kontinuierlich unter dem Stahlband, und zwar quer zu dessen Verlauf, vorbeigeleitet werden. Die Maschine drückt dann die Zündhölzer aus den Löchern in dem Stahlband nach unten durch, so daß sie geordnet und in der richtigen Anzahl in die darunter vorbeigeleiteten Innenschachteln fallen. Die gefüllten Streichholzinnenschachteln werden auf einem Förderband transportiert, das parallel zu dem der Außenschachteln verläuft. Beide Förderbänder stoppen plötzlich, und 16 Innenschachteln werden schnell in 16 Außenschachteln geschoben. Danach bewegen sich die Förderbänder weiter. Dieser Vorgang wird 50 Mal in der Minute wiederholt.

Streichhölzer in einem kleinen Heftchen sind wie ein Kamm aneinandergefügt und bestehen aus Holz oder Pappe. Mehrere dieser Gebilde befinden sich übereinander angeordnet in einer Papphülle. Sie werden auf ganz ähnliche Weise hergestellt. Die Kämme werden erst aus einem Holzstreifen oder Pappstreifen herausgeschnitten und dann der Zündholzmaschine zugeführt. Wenn die Streichholzzündköpfe trocken sind, werden die Kämme zu einer Maschine transportiert, wo die Streichhölzer heftartig verpackt werden.

ZÜNDKERZE

Zündkerzen sind für den Betrieb der meisten Kraftfahrzeugmotoren unerlässlich. Schadhafte Zündkerzen können zu Zündaussetzern oder Fehlzündungen, Schwierigkeiten beim Anlassen oder sogar zum völligen Ausbleiben von Zündfunken führen und eine Steigerung des Kraftstoffverbrauches um gut 20% bewirken.

Zündkerzen werden bei mit Vergaserkraftstoff betriebenen VERBRENNUNGSMOTOREN (Ottomotoren) zur Erzeugung des Hochspannungs-Zündfunkens benutzt, mit dem das Kraftstoff/Luft-Gemisch in den Verbrennungsräumen gezündet wird. DIESELMOTOREN sind mit einer Abart der Zündkerzen, den sogenannten Glühkerzen, ausgerüstet. Die Erfindung der Zündkerzen wird Etienne Lenoir (1822 bis 1900) zugeschrieben, der im Jahre 1860 zum ersten Male einen Motor herstellte, bei dem die Zündung des Betriebsgemisches durch einen von einer elektrischen Zündanlage erzeugten Zündfunken erfolgte.

Wirkungsweise

Bei laufendem Motor wird zu einem genau festgesetzten Zeitpunkt (Zündzeitpunkt) ein Hochspannungs-Stromstoß über Zündkabel zum Anschlußteil der Zündkerze (bzw. der Zündkerzen, unter Benutzung eines Zündverteilers bei Mehrzylindermotoren) geleitet. Durch den Stromstoß kommt es zur Bildung eines elektrischen Funkens, der den Luftspalt zwischen der Mittelelektrode und der über den Zylinderblock 'geerdeten' Masse-Elektrode der Zündkerze überspringt. Durch diesen Zündfunken wird die zur Zündung des im Zylinder verdichteten Kraftstoff/Luft-Gemisches erforderliche Energie bereitgestellt.

Betriebstemperatur

Zur Erzielung optimaler Leistung darf die am Isolatorfuß einer Zündkerze herrschende Temperatur bei einer Fahrgeschwindigkeit von 50 km/h weder unter 400°C abfallen noch bei Höchstgeschwindigkeit und größter Belastung ungefähr 850°C überschreiten. Bei unter 400°C liegenden Temperaturen kommt es zu Verschmutzungen des Isolatorfußes durch Ölkohle und Ruß. Da Kohleablagerungen elektrische Leiter sind, kann es zur Bildung von Kriechströmen und in der Folge zur Verringerung oder sogar zur vollständigen Unterdrückung des Zündfunkens kommen.

Bei Temperaturen von mehr als 850°C am Isolatorfuß kann es zu einer übermäßig starken Abnutzung der Elektrode und möglicherweise auch zu einer ungesteuerten Zündung des Kraftstoff/Luft-Gemisches vor Erreichen des vorgeschriebenen Zündzeitpunktes kommen. Diese als 'Frühzündung' bekannte Erscheinung kann zu ernsthaften Motorschäden führen.

Wegen der Vielfältigkeit der Motortypen und demzufolge auch der in den verschiedenen Verbrennungsräumen entstehenden Temperaturen war die Herstellung verschiedener Zündkerzen-Typen erforderlich, damit die Betriebstemperaturen der Zündkerzen in allen Verwendungsbereichen weitmöglichst innerhalb des günstigsten Betriebsbereiches gehalten werden können.

Wärmewert

Die Einteilung von Zündkerzen nach ihrer jeweiligen Fähigkeit, Wärme von der Isolatorspitze zur Kühlwanlage eines Motors abzuleiten, wird Wärmewert genannt.

Eine 'heiß' Zündkerze (Zündkerze mit niedrigem Wärmewert) besitzt einen verhältnismäßig langen Isolatorfuß und demzufolge einen langen Wärme-Leitweg von der Isolatorspitze bis zum Metallgehäuse. Zündkerzen dieses Typs

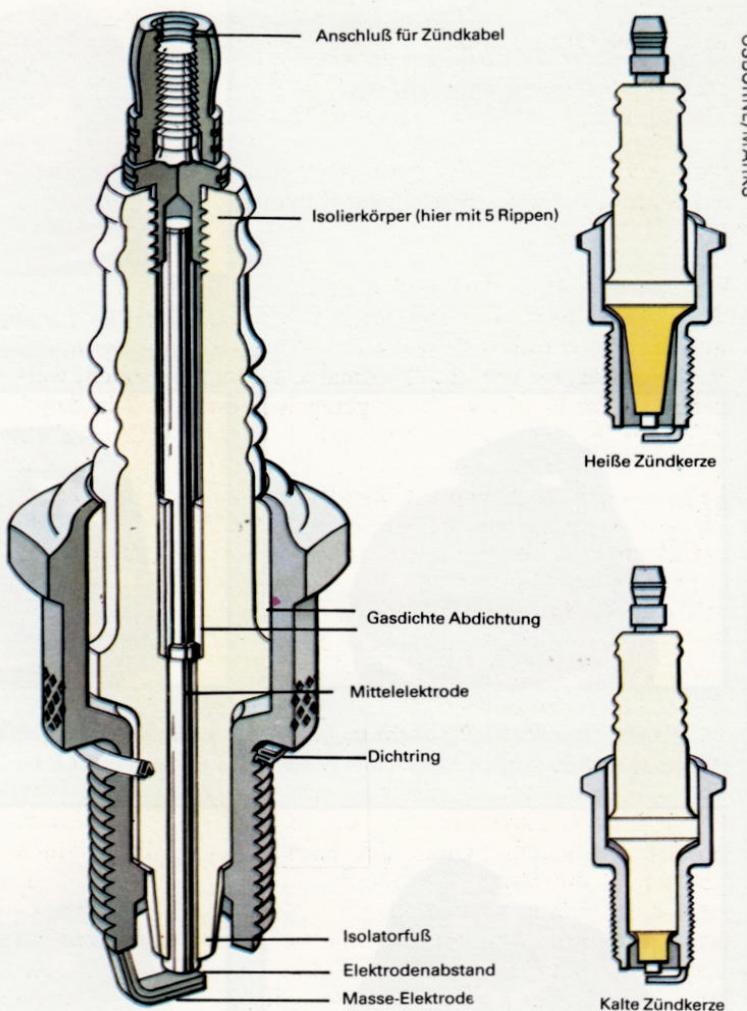
nehmen sehr viel Wärme auf und leiten wenig Wärme ab. Sie werden daher in Motoren mit niedrigem Verdichtungsdruck und niedriger Drehzahl verwendet.

Im Gegensatz hierzu besitzt eine 'kalte' Zündkerze (Zündkerze mit hohem Wärmewert) einen kürzeren Isolatorfuß und folglich auch einen kürzeren Wärme-Leitweg von der Isolatorspitze bis zum Gehäuse, weshalb die Wärme schnell vom Isolatorfuß an das Kühlmittel abgeleitet wird. Zündkerzen dieses Typs werden für hochverdichtete Hochleistungsmotoren verwendet, in deren Verbrennungsräumen höhere Temperaturen entwickelt werden.

Zur Bestimmung des geeigneten Wärmewertes einer Zündkerze für einen bestimmten Motor führen die Hersteller Prüfungen durch, bei denen thermoelektrische Kontakte (Temperatur-Meßfühler) am unteren Ende des Isolatorfußes angesetzt werden. Während der Prüfungen werden die im unteren Bereich des Isolierkörpers herrschenden Temperaturen über den gesamten Geschwindigkeits- und Belastungsbereich des Motors fortlaufend überwacht.

Anordnung der Elektroden

Für eine gute und sichere Einleitung der Verbrennung ist die Stelle von Bedeutung, an der der Zündfunken überschlägt, d.h. der Luftspalt zwischen den Elektroden. Hier haben sich drei unterschiedliche Anordnungen der Elektroden zueinander



Bestandteile einer modernen Zündkerze (links). Der Hochspannungsstrom wird durch die Mittelelektrode nach unten geleitet und überspringt in Form eines Zündfunkens den Luftspalt zwischen der Mittel- und der Masse-Elektrode. Die Zeichnungen rechts lassen den Längenunterschied zwischen dem Isolatorfuß einer 'heißen' und einer 'kalten' Zündkerze erkennen.

entwickelt: die Seitenelektrode, die StirnElektrode und die Ringseitenelektrode.

Bei der Seitenelektrode (die Masse-Elektrode ist seitlich zur Mittelelektrode angeordnet) wird der Luftspalt gut von Brenngasen durchspült. Durch die so erzielte freie Länge des Zündfunkens ergeben sich ein guter Leerlauf und eine gute Beschleunigung des Motors.

StirnElektroden (die Masse-Elektrode wird waagerecht über das Ende der Mittelelektrode geführt) zeichnen sich infolge der geschützten Lage der Funkenstrecke durch geringeren Elektrodenabbrand aus. Sie sind jedoch nicht für alle Motoren geeignet, weil sie diese teillastempfindlich machen und eine Beschleunigung vermindern.

Die Ringseitenelektroden (die Mittelelektrode wird von zwei Seitenelektroden eingeschlossen) bieten durch den großflächigen Kontakt mit dem Kerzengehäuse eine günstige Wärmeableitung. Die Folge ist eine höhere Lebensdauer der Elektroden. Da der Zündfunken durch das in den Atmungsraum der Zündkerze strömende Kraftstoff/Luft-Gemisch hindurchschlägt, verhindert die Lage der Funkenstrecke im Gasstrom auch die Brückebildung zwischen den Elektroden. Zündkerzen mit Ringseitenelektroden werden häufig für Zweitaktmotoren benutzt.

Herstellung

Obgleich Konstruktionstechniken und Werkstoffe von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich sind, lässt sich doch eine verallgemeinernde Beschreibung geben.

Das nicht nur der Befestigung, sondern auch zur Wärmeableitung vom Isolator dienende Gehäuse ist aus Automatenstahl hergestellt. Die am häufigsten anzutreffenden Gewinde ($M14 \times 1,25$ und $M18 \times 1,5$) sind genormt.

Als Isolierkörper werden von fast allen größeren Zündkerzenfabriken keramische Isolatoren (Sinterkorundisolatoren) verwendet. Das Grundmaterial hierfür ist reines Aluminiumoxid, die sogenannte Tonerde. Weil die hohen Brenntemperaturen des reinen Aluminiumoxides von etwa 2070 K die Herstellung von Isolierkörpern unwirtschaftlich machen würde, werden meist geringe Mengen Zusätze beigefügt, die u.a. auch die Brenntemperaturen herabsetzen.

Damit die Elektroden den thermisch-korrosiven Einflüssen und dem durch den Funkenüberschlag bedingten Abbrand einen möglichst großen Widerstand entgegensetzen können, verwendet man in der Regel Chrom- und Nickellegierungen mit entsprechenden Zusätzen zur Herstellung von Elektroden. Für Motoren mit hoher Leistung werden in immer stärkerem Maße Zündkerzen mit Platinelektroden verwendet.

8 Beispiele der Auswirkungen verschiedener Betriebsbedingungen auf eine Zündkerze.

CHAMPION



1. Normales Aussehen mit richtigem Wärmewert in einwandfreiem Motor.



2. Starker Belag, der durch Brennstoff- oder Ölzsätze entstanden sein kann.



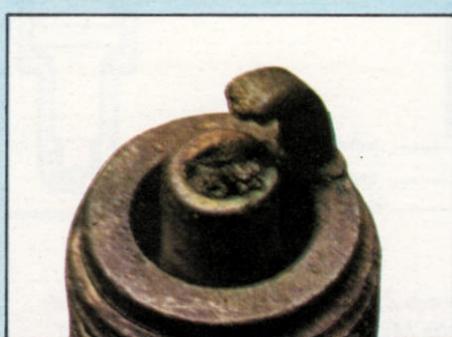
3. Samartiger Rußbelag durch zu fettes Gemisch und zu großen Elektrodenabstand.



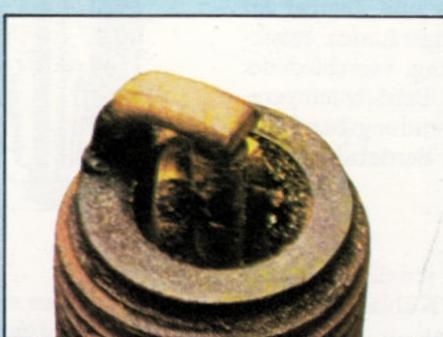
4. Belag von feuchter Öl Kohle und Ruß durch zu viel Öl im Verbrennungsraum.



5. Überhitzung infolge eines zu mageren Gemisches.



6. Verkürzte Masse- und Mittelelektroden durch Frühzündungen.



7. Gespaltener Isolatorfuß, wahrscheinlich durch Explosions schwingungen.



8. Durch Bleizsätze im Brennstoff hat sich eine Bleiglasur gebildet.

Erfindungen 65: KERNENERGIE

Schon vor der Veröffentlichung der berühmten Formel Einsteins, $E = mc^2$, war der Zusammenhang zwischen Masse und Energie im Prinzip erkannt. Einsteins Formel besagt, daß man Masse in Energie (und Energie in Masse) umwandeln kann. Um die Jahrhundertwende wurde beim radioaktiven Zerfall genau diese Äquivalenz von Masse und Energie beobachtet: Eine Verringerung des Atomgewichts beim radioaktiven Zerfall eines Atoms ist mit der Abgabe von Energie verbunden. Damit wird heute beispielsweise in Satelliten und entlegenen Sendeanlagen Wärme erzeugt. Bei der technischen Nutzung dieses Phänomens war das entscheidene Problem, wie man die ungeheure, in den Atomkernen gespeicherte Energie schneller als nach den natürlichen Zerfallsgegesetzen freisetzen kann.

Der zweite Kernreaktor; er hatte eine Leistung von 100 kW.

Energieerzeugung der Sterne

Zur gleichen Zeit erkannten auch die Astronomen, daß ähnliche Prozesse in den Sternen stattfinden müssen, denn nur so ließen sich die ungeheuren Wärme- und Lichtenergiemengen, die die Sterne abgeben, plausibel machen. Lange blieben jedoch die Einzelheiten der ablaufenden Reaktionen unbekannt. Bis 1939 waren alle Annahmen über die Umwandlung von Masse in Energie weitgehend Spekulation. Niemand konnte vorhersagen, ob man sie je in kontrollierter Weise erreichen würde.

Kernspaltung

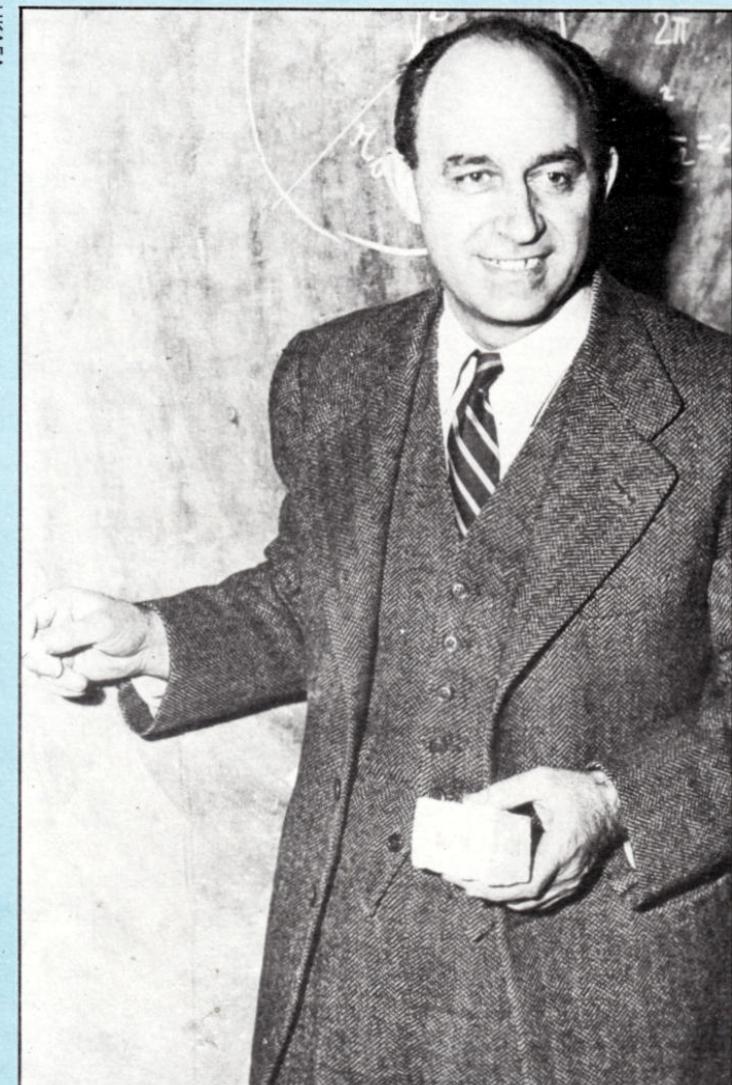
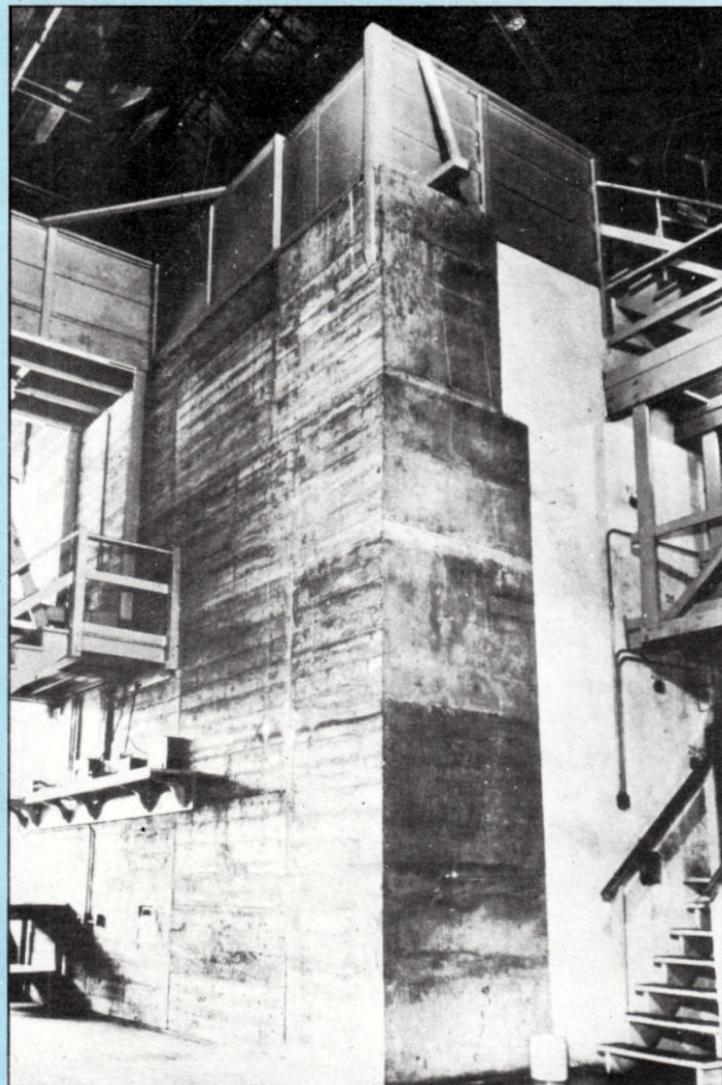
Der entscheidende Durchbruch erfolgte mit dem experimentellen Nachweis der Kernspaltung Ende 1938 in Deutschland. Otto Hahn (1879 bis 1968) und Fritz Strassmann (geb. 1902) hatten Uran mit langsamem Neutronen bombardiert und erhielten zwei Reaktionsprodukte, von denen eines die Eigenschaften des Elements Barium zu erkennen gab. Dieses

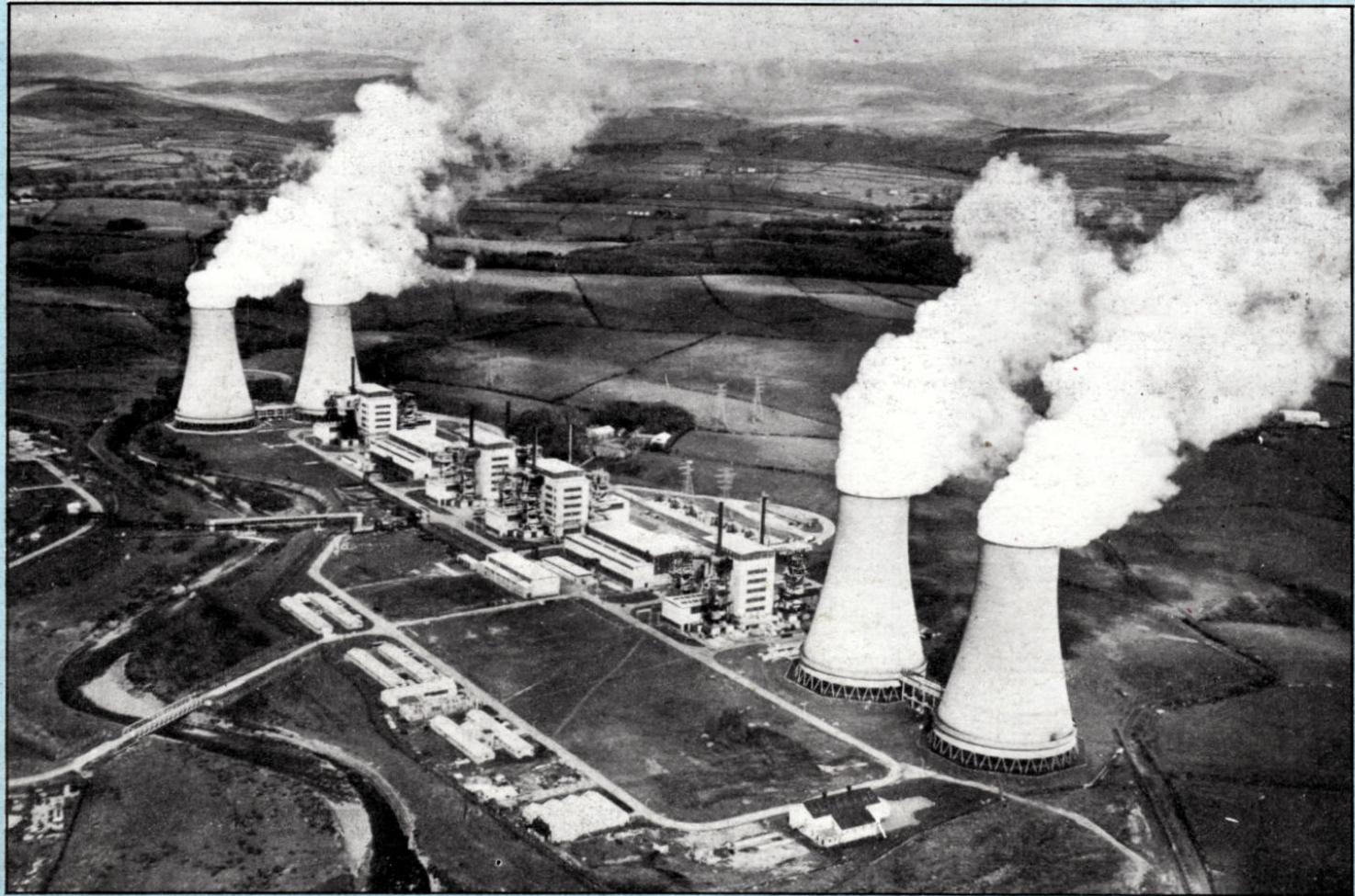
Resultat war überraschend, denn Barium ist wesentlich leichter als Uran, während die Experimente zur Erzeugung schwerer Atome geplant waren. Lise Meitner (1878 bis 1968) und ihr Neffe Otto Frisch (geb. 1904), denen Hahn über seine Beobachtungen berichtete, schlugen eine in den folgenden Jahren voll bestätigte Deutung dieser Effekte vor: Ein Neutron wird dem Kern des Uranatoms angeheftet, und das Agglomerat zerfällt in zwei leichtere Elemente. Die Masse der Spaltprodukte ist etwas geringer als die Masse der ursprünglichen Reaktionspartner; der Unterschied wird als Energie freigesetzt.

Die Kettenreaktion

Beim spontanen Zerfall der 'angeregten' Urankerne werden pro ver-

Unten: Enrico Fermi, der zusammen mit dem Ungarn Leo Szilard den ersten Kernreaktor baute.





brauchtem Neutron zwei bis drei 'prompte' Neutronen frei. Diese Neutronen können weitere Spaltprozesse einleiten, womit eine Kettenreaktion in Gang gesetzt wird.

Läuft diese Kettenreaktion langsam, 'kontrolliert', ab, so kann man die freiwerdende Energie nutzen, beispielsweise zur Erzeugung von Elektrizität. Bei schnellem Ablauf erhält man eine 'Atombombe'.

Man erkannte diese verschiedenen Möglichkeiten sehr früh. Der schnelle Informationsaustausch zwischen den beteiligten Wissenschaftlern führte dazu, daß alle wesentlichen Einzelheiten innerhalb einiger Wochen in den USA veröffentlicht wurden. Zunächst war niemand sicher, ob es gelingen könnte, eine Kettenreaktion in Gang zu setzen. Die Zahl der pro Spaltung freiwerdenden Neutronen war nicht von Anfang an bekannt. Aber es bestand die Möglichkeit, daß man z.B. in Deutschland schon weitere Fortschritte auf diesem Gebiet erzielt hatte. Deshalb überzeugte eine Gruppe amerikanischer Physiker Albert Einstein (1879 bis 1955, seit 1933 Professor in Princeton, New Jersey), einen an Präsident Roosevelt gerichteten Brief zu unterzeichnen. Dieser Brief beschrieb die neuen Entdeckungen und warnte vor der Möglichkeit, daß deutsche Wissenschaftler bereits mit dem Bau einer

Das erste Groß-Kernkraftwerk in Großbritannien wurde 1956 in Betrieb genommen. Kernkraftwerke lieferten 1975 bereits 12% von Großbritanniens elektrischer Energie.

Atombombe beschäftigt sein könnten. Aus dieser Initiative entstand das 'Manhattan Project', ein Programm zur Erforschung der Möglichkeiten des Atoms.

Kontrollierte Kettenreaktionen

Ein Teilproblem dieses Programms war die Realisierung einer langsamen Kettenreaktion. Eine für die Kernspaltung allgemein wichtige Entdeckung des italienischen Nobelpreisträgers Enrico Fermi (1901 bis 1954) war dabei wesentlich: Er fand, daß Neutronen eine größere Reaktionswahrscheinlichkeit bekommen, wenn man sie durch eine Substanz aus leichten Atomen abbremst. Dabei dürfen sie aber nicht zu stark absorbiert werden. Graphit erwies sich als brauchbares Material, und nach vielen Vorversuchen und Berechnungen waren Fermi und sein Kollege Szilard (1898 bis 1964) so weit, den ersten Kernreaktor der Welt zu bauen. Er sollte aus Schichten von Graphit und Uran bestehen, die abwechselnd aufeinander gestapelt wurden. Zur Sicherheit dienten Strei-

fen aus Cadmium, das langsame Neutronen gut absorbiert. Als Standort des Reaktors war ein Platz im Argonne Park, 30 km außerhalb Chicagos, vorgesehen. Wegen der Kriegsverhältnisse kam es jedoch zu Verzögerungen bei der Vorbereitung des Standortes. Daraufhin beschloß man, den Reaktor in einem Squashraum des Shedd-Stadions der Universität von Chicago zu errichten. Man nannte ihn nach seiner äußeren Form ein 'pile' ('Stapel', 'Meiler').

Fermis Meiler

Der Reaktor, aufgebaut aus 385 t Graphit und 40 t Uran und Uranoxid, füllte die Höhe des Raumes aus. Am Mittwoch, dem 2. Dezember 1942, versammelte sich eine kleine Gruppe von Wissenschaftlern, um die entscheidende Phase mitzuerleben. Der Aufbau war vollendet — nun mußte nur noch ein Cadmium-Kontrollstab herausgezogen werden, damit der erwartete Anstieg des Neutronenflusses gemessen werden konnte.

Der Kontrollstab wurde langsam Stück für Stück herausgezogen. Fermi berechnete die Intensitäten, die die Detektoren anzeigen sollten. Schließlich, kurz nach 15.20 Uhr, zeigten die Zähler ein ansteigendes Signal: Die erste kontrollierte, sich selbst aufrechterhaltende Kernspaltung fand statt.